



TUGAS AKHIR- TL141584

PENGARUH PANJANG SERAT TERHADAP NILAI KOEFSISIEN ABSORPSI SUARA DAN STRUKTUR MORFOLOGI KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DAN BAMBU BETUNG DENGAN Matriks GYPSUM UNTUK APLIKASI OTOMOTIF

Nabilla Shabrina
NRP. 2711 100 015

Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid , DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT- TL141584

EFFECTS OF FIBER LENGTH ON SOUND ABSORBING COEFFICIENT AND THE MORFOLOGICAL STRUCTURE OF RAMI AND BETUNG BAMBOO FIBERS WITH GYPSUM MATRIX COMPOSITE FOR AUTOMOTIVE APPLICATION

Nabilla Shabrina
NRP. 2711 100 015

Advisor
Ir. Moh. Farid , DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Department of Material and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

**PENGARUH PERBEDAAN PANJANG SERAT
TERHADAP SIFAT AKUSTIK DAN MORFOLOGI
MATERIAL BERPENGUAT SERAT BAMBU DAN
RAMI DENGAN MATRIX GYPSUM UNTUK
APLIKASI OTOMOTIF**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Material Dan Metalurgi
pada
Bidang Studi Material Inovatif
Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Nabilla Shabrina

NRP. 2711 100 015

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Ir.Moh. Farid, DEA.Pembimbing

Vania Mitha PratiwiKo-Pembimbing



Januari 2016

**PENGARUH PANJANG SERAT TERHADAP NILAI
KOEFSIEN ABSORPSI SUARA DAN STRUKTUR
MORFOLOGI KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI
DAN BAMBU BETUNG DENGAN MATRIKS GYPSUM
UNTUK APLIKASI OTOMOTIF**

Nama Mahasiswa : Nabilla Shabrina
NRP : 2711 100 015
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Ir. Moh.Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk membuat material komposit gypsum berpenguat serat alam yaitu serat bambu betung dan rami untuk bahan penyerap suara. Permasalahan yang dikaji adalah untuk mengetahui hubungan panjang serat pada komposit bermatrik gypsum terhadap nilai koefisien absorpsi suara (α), serta morfologi dari material. Panjang serat yang digunakan adalah 20mm dan 60mm dengan fraksi volum 30% serat : 70% gypsum. Terdapat 4 macam variasi spesimen yaitu (20mmR/20mmB-G), (20mmR/60mmB-G), (60mmR/20mmB-G), dan (60mmR/60mmB-G) Tujuannya untuk mendapatkan hubungan nilai koefisien absorpsi suara, serta morfologi material dengan panjang serat yang diberikan serta aplikasinya dalam material penyerap suara yang memenuhi standar ISO 11654. Selain itu material juga diuji TGA(Thermogravimetric Analysis) untuk mengetahui kerentanan terjadinya degradasi terhadap kenaikan temperatur. Metode pembuatan komposit yang digunakan adalah hand lay up. Metode pengujian berdasarkan standart ASTM E1050, ASTM E2809 dan ASTM E1131. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen (60mmR/60mmB-G)

memiliki nilai α yang tertinggi pada frekuensi 4000Hz. Menurut hasil pengamatan dengan Scanning Electron Microscope, spesimen (60mmR/60mmB-G) memiliki struktur yang lebih berpori dibandingkan ketiga spesimen lainnya yang menjelaskan nilai α terbesar yang ada di spesimen ini. Uji Thermogravimetric Analysis menjelaskan batas temperatur yang diperbolehkan untuk aplikasi material R/B-G sebelum mengalami degradasi yaitu 300°C.

Kata kunci : gipsum, koefisien absorpsi, morfologi material, serat rami, serat bambu betung.

EFFECTS OF FIBER LENGTH ON SOUND ABSORBING COEFFICIENT AND THE MORFOLOGICAL STRUCTURE OF RAMIE AND BETUNG BAMBOO FIBERS WITH GYPSUM MATRIX COMPOSITE FOR AUTOMOTIVE APPLICATION

Name : Nabilla Shabrina
NRP : 2711 100 015
Department : Teknik Material dan Metalurgi
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstract

This research was done to make gypsum composite fiber reinforced material to be a sound absorbing material. The problems studied was to understand the connection between the length of ramie and betung bamboo fiber with gypsum matrix composite on the sound absorption coefficient value (α), and the morphological structure. The fiber length was varied in 20mm and 60mm with the volume fraction of 30% fibers: 70% gypsum. 4 varieties of specimens were observed in this research, (20mmR/20mmB-G), (20mmR/60mmB-G), (60mmR/20mmB-G), and (60mmR/60mmB-G0). The aim was to get a good relation between sound absorption coefficient value and morphological structure with given fibers length and its application as sound absorbing material according to ISO 11654 standard. Specimens were also tested by Thermogravimetric Analysis to get the range of safe temperature for the application of this material before the degradation. Method used to fabricate the composites was hand layup. Methods of testing were in accordance to ASTM E1050, ASTM E2809 and ASTM E1131 standards. The result shows that the (60mmR/60mmB-G) specimen owned the highest α value at

the frequency of 4000 Hz. From Scanning Electron Microscope, the correlations between α value and morphological structure of the composites were revealed. (60mmR/60mmB-G) specimen show the most porous structure among the others 3 specimens as a proved of the highest α value. From Thermogravimetric Analysis, the working temperature of R/B-G composites before the degradation was also revealed. This composites should not working above the temperature of 300°C

Keywords: absorption coefficient, betung bamboo fiber, gypsum, morphological structure, ramie fiber.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang berjudul:

“PENGARUH PANJANG SERAT TERHADAP NILAI KOEFISIEN ABSORPSI SUARA DAN STRUKTUR MORFOLOGI KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DAN BAMBU BETUNG DENGAN MATRIKS GYPSUM UNTUK APLIKASI OTOMOTIF”

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

1. Orang tua penulis, Bapak Achmad Fuad dan Ibu Dewi Sekar yang selalu mendukung penulis, memberikan nasihat serta doa.
2. Bapak Ir. Moh.Farid, DEA dan Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir dan telah memberikan ilmu, bimbingan serta wawasan.
3. Bapak Dr. Lukman Noerochim, ST., M.Sc., Eng. selaku Dosen Wali penulis pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M. Eng. selaku Ketua Jurusan pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.

5. Dosen dan karyawan yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
6. Rokaya, Anissa Febri Dwi Yanti, Hendriya Binawa, I Dw Md Bakti Pramana, Ade Wahyu, Achmad Zakky yang telah banyak membantu penulis dan memberikan motivasi kepada penulis.
7. Mustamir Abdillah, Hizkia Eben Haezer, M. Zaki Hauna, Dede Pramono dan penghuni Laboratorium Inovasi Material lainnya yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
8. Keluarga MT 13 yang selalu membantu, menemani, memotivasi penulis sejak mahasiswa baru hingga penulisan tugas akhir ini.
9. Dan seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi atas penulisan tugas akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 11 Januari 2016

Penulis,

Nabilla Shabrina

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	5
2.1.1 Klasifikasi Komposit	7
2.1.2 Serat	8
2.1.3 Matrik	9
2.2 Gypsum	10
2.3 Rami	12
2.4 Bambu Betung	14
2.5 Gelombang dan Bunyi	16
2.5.1 Gelombang	16
2.5.2 Bunyi	19
2.6 Material Akustik	22
2.7 Koefisien Serap Bunyi	22
2.8 Scanning Electron Microscope	26
2.9 Thermogravimetric Analysis	27

2.10 Komposit sebagai Material Akustik	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	33
3.2 Bahan dan Peralatan	34
3.2.1 Bahan	34
3.2.2 Peralatan	35
3.3 Variabel Penelitian	40
3.4 Rancangan Penelitian	40
3.5 Pelaksanaan Penelitian	40
3.5.1 Persiapan Bahan	41
3.5.1.1 Pengolahan Serat Rami	41
3.5.1.2 Pengolahan Serat Bambu Betung	41
3.5.1.3 Persiapan Matrix Gypsum	41
3.5.1.4 Pembuatan Cetakan	41
3.5.1.5 Pembuatan Komposit	42
3.5.1.6 Pembongkaran Spesimen	42
3.5.2 Proses Pengujian	42
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara	42
3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope	45
3.5.2.3 Pengujian Thermogravimetric Analysis	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Komposit Serat Rami dan Bambu Betung Bermatriks Gypsum	47
4.2 Koefisien Absorpsi Suara Komposit R/B-G	48
4.3 Morfologi Komposit R/B-G	53
4.4 Hasil Pengujian TGA Komposit R/B-G	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1 Kesimpulan	58
4.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN	xxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema pembentukan komposit.....	6
Gambar 2.2	Bubuk Gypsum	11
Gambar 2.3	Struktur kimia (rumus bangun) lignin.....	16
Gambar 2.4	Reaksi lignin dengan gugus hidroksil NaOH.....	16
Gambar 2.5	Gelombang transversal.....	18
Gambar 2.6	Gelombang longitudinal.....	19
Gambar 2.7	Grafik gelombang kekerasan bunyi.....	22
Gambar 2.8	Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik.....	25
Gambar 2.9	Skema termogram reaksi dekomposisi satu tahap	29
Gambar 2.10	Dekomposisi CaCO_3 pada atmosfer yang berbeda	29
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 3.2	Rami	34
Gambar 3.3	Bambu Betung	34
Gambar 3.4	Gypsum.....	34
Gambar 3.5	Aquades	35
Gambar 3.6	NaOH 1M	35
Gambar 3.7	Gergaji	36
Gambar 3.8	Cetakan Pembuatan Spesimen (a) Uji absorpsi suara (b)SEM dan TGA	36
Gambar 3.9	Timbangan digital	36
Gambar 3.10	Gelas ukur	37
Gambar 3.11	Penggaris	37
Gambar 3.12	Gunting	37
Gambar 3.13	Kertas amplas.....	38

Gambar 3.14	Mesin Scanning Elecron Microscope	38
Gambar 3.15	Mesin Uji Absorbsi Suara	39
Gambar 3.16	Mesin Thermogravimetric Analysis	39
Gambar 3.17	Rangkaian alat uji absorbsi suara	43
Gambar 3.18	Dimensi spesimen uji absorbsi	43
Gambar 3.19	Dimensi spesimen SEM	45
Gambar 3.20	Dimensi spesimen TGA	46
Gambar 4.1	Spesimen uji absorpsi suara	47
Gambar 4.2	Spesimen uji SEM	47
Gambar 4.3	Spesimen uji TGA	47
Gambar 4.4	Koefisien Serap Suara Komposit R/B-G	52
Gambar 4.5	SEM Komposit perbesaran 5000x	55
Gambar 4.6	Hasil uji TGA	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian dari komposit	7
Tabel 2.2 Koefisien absorpsi suara papan gipsum	12
Tabel 2.3 Sifat fisik dan sifat kimia dari serat rami	13
Tabel 2.4 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi	19
Tabel 2.5 Koefisien penyerapan bunyi material akustik	23
Tabel 3.1 Rancangan penelitian.....	40
Tabel 4.1 Hasil pengujian koefisien absorpsi suara	49
Tabel 4.2 Perbandingan nilai koefisien.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman yang telah modern ini banyak sekali penggunaan penggunaan peralatan yang menimbulkan suara yang bising. Seringkali suara tersebut mengganggu aktivitas keseharian orang, bahkan tidak jarang juga mengganggu kesehatan. Mendengarkan suara bising pada jangka waktu yang sebentar mungkin tidak terlalu berdampak pada sebagian besar orang. Akan tetapi, mendengarkan suara yang bising dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan stress dan menurunkan kemampuan indera pendengaran yang berujung pada gangguan berkomunikasi.

Bunyi atau suara adalah pemampatan mekanis atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, dan gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat misalnya di dalam air, batu, atau udara. Oleh karena suara merupakan gelombang yang merambat dan membutuhkan medium, maka suara dapat diredam dan ditahan. Salah satu cara untuk meredam atau menahan rambatan suara tersebut dapat dilakukan dengan memodifikasi medium rambatannya. Sehingga diperlukan sebuah material yang terbuat dari bahan yang dapat menahan laju rambatannya. Penahanan laju rambatan gelombang suara dapat berupa material keras yang solid yang dapat memantulkan kembali gelombang suara, dapat pula merupakan sebuah material lunak yang menyerap gelombang. Adapun jenis bahan penyerap suara yang telah ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel (Lee,2003). Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering dipakai. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis penyerap suara lainnya (Lee, 2003).

Bahan-bahan tersebut apabila diaplikasikan langsung berupa material aslinya, maka akan menghasilkan kekurangan dan

kelebihan yang mana tidak dapat memenuhi kebutuhan dari penggunaannya. Misalnya jika hanya menggunakan kain tebal untuk meredam suara, maka redaman suara yang akan didapat kemungkinan akan tinggi, tetapi kain tersebut tidak dapat mempertahankan sesuai bentuk yang diperlukan dalam waktu yang lama. Sehingga kain tersebut perlu dipadu dengan suatu bahan lain untuk mempertahankan bentuknya, misalnya lem, agar kain tersebut dapat mengeras dan mempertahankan bentuknya. Contoh tersebut menggambarkan pentingnya perpaduan antar suatu bahan dan material agar menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan dalam sebuah material menjadi semaksimal mungkin. Oleh karena ini terciptalah sebuah material komposit yang merupakan perpaduan antara dua buah bahan atau lebih yang memiliki sifat yang berbeda untuk mendapatkan sebuah material yang memiliki sifat yang baru.

Pada era abad ke 21 manusia dihadapkan masalah masalah baru terkait dengan kebutuhan akan material seperti terbatasnya cadangan petroleum hingga polusi alam. Hal ini dapat dipecahkan dengan adanya penemuan material Eco-komposit.

Komposit adalah salah satu jenis material yang pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat sebagai pengisi (*filler*) dan *matrik*. Filler biasanya memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada matrik. Matrik memiliki peran sebagai pengikat serat supaya tetap pada posisi dan orientasi yang diinginkan juga melindungi serat dari kerusakan lingkungan. Eco-Komposit berarti jenis material komposit yang memanfaatkan serat alam seperti kayu, hemp, flax dan kenaf ataupun polimer berbasis biologis seperti PLA dari jagung dan sweet potato.

Sebuah survey yang dilakukan di Eropa Barat pada tahun 2005 membuktikan bahwa penggunaan serat alam meningkat sekitar 15x lipat pada tahun 1996 sampai dengan tahun 2005. Hal ini seiring dengan evolusi dari penggunaan komposit dari waktu ke waktu. Pada era tahun 50an material yang digunakan adalah komposit structural dan thermosets. Sedangkan pada tahun 1980-2000 mulai beralih pada material thermoplastic dan

nanocomposite. Pada era tahun 2005 penggunaan biocomposit, nanocomposit, dan biobased polymer lah yang paling marak.

Hal tersebut disebabkan berbagai kelebihan yang ditawarkan oleh serat alam misalnya terkait sifat mekanik. Serat alam memiliki specific strength yang sangat baik, modulus yang tinggi (modulus tarik hingga 5x lipat dari resin dasar), dan kekuatan impak takikan yang tinggi (hingga 2x lipat dari resin dasar). Dari segi ekonomi penggunaan serat alam membutuhkan biaya yang lebih kecil. Terlebih lagi terkait dengan faktor lingkungan, serat alam merupakan solusi material yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dan biodegradable.

Atas dasar hal tersebut, material komposit ini, terutama yang tersusun atas serat alam kini sedang dikembangkan untuk berbagai fungsi, salah satunya adalah peredam suara. Peredam suara banyak dibutuhkan untuk keperluan sehari-hari. Dalam bidangomotif misalnya, peredam suara dapat digunakan pada dashboard untuk meredam suara mesin. Selain nilai absorpsi suara yang perlu diketahui dari material ini, ketahanan terhadap temperature juga perlu dipelajari dalam aplikasinya. Batas temperatur kerja dari material peredam suara ini dapat digunakan sebagai dasar untuk aplikasi sesuai dengan tingkat keamanannya.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa perumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana hubungan panjang serat terhadap sifat akustik pada komposit gypsum yang diperkuat serat rami dan bambu betung?
2. Bagaimana hubungan panjang serat terhadap morfologi material pada komposit gypsum yang diperkuat serat rami dan bambu betung?
3. Bagaimana ketahanan material R/B-G terhadap kenaikan temperatur?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kandungan pengotor diabaikan pada penelitian.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
3. Distribusi serat dianggap merata.

1.4 Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan antara lain sebagai berikut:

1. Mendapatkan hubungan sifat akustik pada komposit gypsum yang diperkuat serat rami dan bambu betung terhadap variasi panjang serat yang diberikan.
2. Mendapatkan hubungan morfologi material pada komposit gypsum yang diperkuat serat rami dan bambu betung terhadap variasi panjang serat yang diberikan.
3. Mengetahui ketahanan material komposit R/B-G terhadap kenaikan temperatur.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit berpenguat serat alami dalam aplikasinya sebagai penyerap suara
2. Memanfaatkan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih.
3. Dapat digunakan sebagai rujukan terhadap penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penggunaan serat alami dalam aplikasi sebagai penyerap suara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

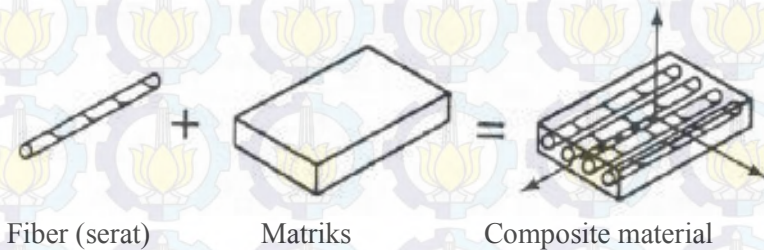
Komposit merupakan dua atau lebih bahan yang digabung atau dicampur secara makroskopik. Maksudnya ialah penggabungan dari unsur-unsurnya secara makro. Walaupun banyak bahan yang digunakan sebagai penyusun, akan tetapi bahan-bahan tersebut biasanya tidak dianggap sebagai komposit jika satuan struktur yang terbentuk lebih cenderung ke tingkat mikroskopik daripada tingkat makroskopik. Dengan demikian paduan-paduan logam dan campuran polimer biasanya tidak diklasifikasikan sebagai komposit. Keunggulan bahan komposit adalah terbentuknya struktur baru yang merupakan penggabungan sifat-sifat unggul dari masing-masing unsur pembentuknya. Komposit mempunyai sifat yang diinginkan yang tidak dapat diperoleh dari bahan-bahan penyusun asal jika bekerja sendiri-sendiri (Gibson,1994).

Komposit juga merupakan bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer atau matriks lain diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Komposit juga diartikan sebagai suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda (K. Van Rijswijk,2001). Komposit adalah material multiphase, namun kebanyakan komposit tersusun dari 2 fasa, dimana salah satu penyusunnya disebut dengan nama matrik yang secara kontinu mengisolasi fasa lainnya atau biasa disebut reinforce. Karena karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu :

1. Penguat (reinforcement) : bahan penyusun yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat

2. Matriks : bahan penyusun yang umumnya lebih ductile namun mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah

Ilustrasi ikatan dan sifat fisik komposit dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Pembentukan Komposit
(Sumber: K. van Rijswijk, et.al, 2001)

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya:

1. Bobotnya ringan
2. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik
3. Biaya produksi murah
4. Tahan korosi

Keuntungan dan kerugian komposit dijelaskan di dalam tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Keuntungan dan Kerugian dari Komposit

Keuntungan		Kerugian	
1.	Berat berkurang	1.	Biaya bertambah
2.	Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi		untuk bahan baku dan fabrikasi
3.	Kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	2.	Sifat-sifat bidang melintang lemah
4.	Lebih tahan terhadap korosi	3.	Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5.	Kehilangan sebagian sifat dasar material	4.	Sulit dalam mengikat
6.	Ongkos manufaktur rendah	5.	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik sulit dilakukan, analisis untuk efisiensi damping tidak mencapai konsensus
7.	Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun		

Sumber : (Peter, 2002)

Dari tabel 2.1 di atas dapat dilihat bahwa aplikasi komposit masih terbatas disebabkan oleh faktor ekonomi. Karena komposit menggunakan serat gelas atau material teknik yang lain sebagai penguat, biaya bahan mentah dan biaya fabrikasi akan menjadi tinggi. Hal ini jelas terlihat pada bidang industri yang memanfaatkan material komposit, seperti pada bidang penerbangan dan kelautan.

2.1.1 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan *matriks* yang digunakan komposit dapat dikelompokkan atas (Gibson,1994) :

1. *MMC: Metal Matriks Composite* (menggunakan *matriks* logam) Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks

logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen MMC* yang digunakan dalam industri penerbangan

2. *CMC: Ceramic Matriks Composite* (menggunakan matriks keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX* yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*.

3. *PMC: Polymer Matriks Composite* (menggunakan matriks polimer).

Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. *Matriks* polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaanannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lain.

Dalam pemilihan matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya, seperti : tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan.

2.1.2 Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan agar dapat memperbaiki sifat dan struktur yang tidak dimiliki matrik. Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, dan getas. Karena serat

yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu:

1. Perekatan (bonding) antara serat dan matriks (intervarsial bonding) sangat baik dan kuat, sehingga tidak mudah lepas dari matriks (debonding)
2. Kelangsingan (aspect ratio) yaitu perbandingan antara panjang serat dan diameter serat yang cukup besar.

Arah serat penguat menentukan kekuatan komposit, arah serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu : one dimensional reinforcement, two dimensional reinforcement (planar), dan three dimensional reinforcement. Three dimensional reinforcement mempunyai kekuatan yang paling tinggi dibandingkan yang lainnya.

Pada pencampuran dan arah serat perlu diperhatikan jika orientasi serat semakin acak maka sifat mekanik pada salah satu arah akan lemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah atau dapat dikatakan kekuatannya meningkat.

Panjang serat berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Terdapat 2 penggunaan jenis serat yaitu serat panjang dan pendek. Serat panjang lebih kuat dibandingkan serat pendek. Serat panjang lebih efisien dalam hal peletakannya jika dibandingkan serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang (Schwartz, 1984)

2.1.3 Matrik

Gibson R.F. (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. *Matriks* secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. *Matriks* memiliki fungsi:

1. Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
2. Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
3. Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat

4. Menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.

2.2 Gypsum

Kata gipsum berasal dari bahasa Yunani yang berarti memasak. Disebut demikian karena di daerah Montmartre Paris pada beberapa abad yang lalu penduduk disana membakar gipsum untuk berbagai keperluan. Habson (1987) mengemukakan bahwa gipsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gipsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen yang dapat diolah menjadi kapur tulis.

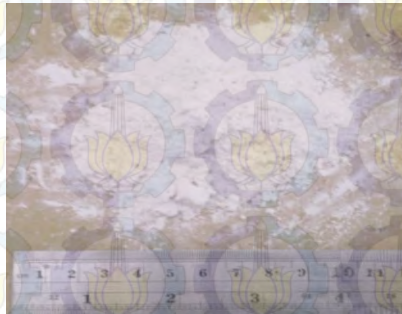
Gipsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya. Gipsum adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, gipsum berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Dalam keadaan seimbang, gipsum yang berada di atas suhu 108°F atau 42°C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit. Gipsum memiliki sifat tidak berat dan tahan api, dengan massa jenis $2,32 \text{ g/cm}^3$.

Gipsum memiliki banyak kegunaan sejak zaman prasejarah hingga sekarang.

Beberapa kegunaan gipsum yaitu (Jesamon, 2011):

1. Drywall
2. Bahan perekat
3. Penyaring dan sebagai pupuk tanah. Di akhir abad 18 dan awal abad 19, gipsum Nova Scotia atau yang lebih dikenal dengan sebutan plaister, digunakan dalam jumlah yang besar sebagai pupuk di ladang-ladang Gandum di Amerika Serikat
4. Campuran bahan pembuatan lapangan tenis
5. Sebagai pengganti kayu pada zaman kerajaan-kerajaan. Contohnya ketika kayu menjadi langka pada Zaman Perunggu, gipsum digunakan sebagai bahan bangunan

6. Sebagai pengental tofukarena memiliki kadar kalsium yang tinggi, khususnya di Benua Asia (beberapa negara Asia Timur) diproses dengan cara tradisional
7. Sebagai penambah kekerasan untuk bahan bangunan
8. Untuk bahan baku kapur tulis
9. Sebagai salah satu bahan pembuat portland semen
10. Sebagai indikator pada tanah dan air
11. Sebagai agen medis pada ramuan tradisional China yang disebut Shi Gao.



Gambar 2.2 Bubuk Gypsum
(Sumber : Farid dan Agung, 2015)

Gypsum juga digunakan sebagai plafon dimana gipsum mempunyai kelenturan paling minimal, fleksibel dan memiliki kemampuan konduktivitas suhu yang rendah. Adapun pemakaian gipsum sebagai material komposit penyerap suara karena gipsum memiliki karakteristik bersifat mereduksi bising dan penyerap suara yang baik (Lord dan Duncan, 2001).

Tabel 2.2 Koefisien Absorpsi Suara Papan Gypsum

Frekuensi (Hz)	Koefisien Absorpsi Suara
150	0,29
250	0,10
500	0,05
1000	0,04
2000	0,07
4000	0,09

Sumber : (Doelle, Leslie L, 1993)

2.3 Rami

Serat rami (*Boehmeria nivea*) banyak terdapat di daerah subtropis di antaranya Cina, Jepang, Asia Tenggara dan Brazil. Serat rami memiliki karakteristik serat panjang, kekuatan tinggi melebihi serat katun dan sutra dan hampir setara dengan serat sintesis. Kekuatan spesifik dari rami hampir menyamai serat gelas tipe E dan menunjukkan nilai perpanjangan yang lebih tinggi.

Rami dapat dianyam dengan mudah dan merupakan salah satu komposit tekstil terbaik. Rami banyak digunakan untuk industri tekstil karena sifatnya yang halus, mampu bleach yang baik dan mudah diwarnai. Upaya untuk memperbaiki sifat mekanis dari serat rami (tabel 2.3), dapat dilakukan dengan perlakuan kimia dan pemberian beban tarik dengan memperhatikan efek mercerenization.

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Sifat Kimia dari Serat Rami

Cellulose (wt%)	Lignin (wt%)	Hemi cellulose (wt%)	Pectin (wt%)	Wax (wt%)	Micro fibrillar Angle (°)	Moisture Content (wt%)	Density (mg/m ³)
68.6-76.2	0.6-0.7	13.1-16.7	1.9	0.3	7.5	8.0	1.50

Sumber : (Febrianto, 2011)

Rami mempunyai sifat dan karakteristik serat kapas (cotton) yaitu sama-sama dipintal ataupun dicampur dengan serat yang lainnya untuk dijadikan bahan baku tekstil. Dalam hal tertentu serat rami mempunyai keunggulan dibanding serat-serat yang lain seperti kekuatan tarik, daya serap terhadap air, tahan terhadap kelembaban dan bakteri, tahan terhadap panas, lebih ringan dibanding serat sentetis dan ramah lingkungan (tidak mengotori lingkungan sehingga baik terhadap kesehatan). Penggunaan serat rami sebagai penguat dalam material komposit memiliki banyak keuntungan, rami merupakan serat yang dapat diperbaharui (renewable resources), dapat digunakan pada berbagai macam kondisi, mudah terurai, mudah di padukan dengan berbagai material lain. Serat rami juga memiliki aspek rasio yang tinggi, kekuatan yang baik dibandingkan dengan rasio beratnya, tidak memerlukan energi yang tinggi untuk mengolahnya dan memiliki sifat insulator yang baik. Beberapa mungkin menganggap sebagian sifat ini adalah kelemahan seperti mudah terurai dan mudah terbakar, tapi sifat ini juga berarti kita dapat memprediksi dan memprogram mekanisme pengolahan limbahnya dengan lebih mudah, yang tidak dapat didapat dengan mudah pada material lain. Massa jenis dari serat rami adalah berkisar antara 1.5 –1.6 gr/cm³ dengan kekuatan tarik serat rami berkisar antara 400–1050 MPa. Modulus elastisitas tarik dan regangannya adalah sekitar 61.5 GPa dan 3.6 %. Pada umumnya serat rami memiliki diameter sekitar 0.04 –0.08 mm. (Sudarsono,2012)

2.4 Bambu Betung

Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) ialah bambu yang amat kuat, dengan jarak ruas pendek, tetapi memiliki dinding yang tebal sehingga tidak begitu liat. Garis tengah bambu betung 80-130 mm, panjang batang 10-20 m. Bambu ini sering ditanam dan tumbuh pada daerah ketinggian 1900 mdpl. (Janssen, 1998)

Janssen, JAA (1988) memberikan rekomendasi tentang keunggulan bambu sebagai berikut:

- a. Bambu dapat tumbuh sangat cepat dan dapat dibudidayakan secara cepat serta modal dapat diputar berkesinambungan.
- b. Bambu mempunyai sifat-sifat mekanika yang baik.
- c. Pengerjaan bambu hanya membutuhkan peralatan yang sederhana.
- d. Kulit luar bambu mengandung banyak silika yang membuat bambu terlindungi.

Bambu termasuk zat higroskopis, artinya bambu mempunyai afinitas terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kayu atau bambu mempunyai kemampuan mengabsorpsi atau desorpsi yang tergantung dari suhu dan kelembaban udara disekelilingnya. Menurut Liese (1980), kandungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Hal itu tergantung dari umur, waktu penebangan dan jenis bambu.

Janssen (1980) menyatakan bahwa kekuatan tarik bambu akan menurun dengan meningkatnya kadar air, kekuatan tarik maksimum bagian luar bambu paling besar dibandingkan dengan bagian-bagian yang lain.

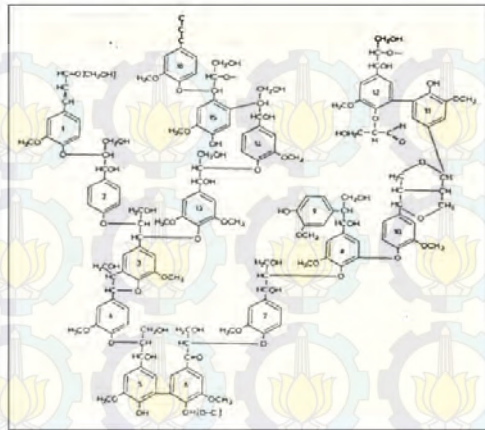
Bambu betung memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya (Haygreen dan Bowyer, 1996). Tebal dinding serat dari bambu betung tipis yaitu 0,009 mm akan memudahkan serat untuk melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya

ikatan antar serat, akibatnya kekuatan tariknya tinggi (Casey, 1980). Bambu betung memiliki nilai *slenderness* (Perbandingan antara diameter lumen dengan diameter serat) yang tinggi, sehingga sifat lentur serat akan semakin besar akibatnya pembentukan ikatan antar serat akan lebih baik. (Tamolang dan Wangaard, 1961)

Bambu betung memiliki prosentase zat terlarut dalam etanol benzena sebesar 0,91 % yang dengan kata lain sangat rendah. Akan tetapi prosentase zat terlarut dalam NaOH 1M tinggi yaitu sebesar 24,06 % . Zat terlarut dalam alkohol benzena antara lain resin, lemak, lilin dan tanin, sedangkan zat terlarut pada NaOH ialah lignin. Kehadiran zat lignin mengakibatkan sifat kegetasan serta menyebabkan resin tidak meresap sepenuhnya pada serat bambu sehingga ikatan antara serat dan matriks tidak cukup kuat dan mempengaruhi kekuatannya ketika pengujian tarik dilakukan. (Casey, 1980)

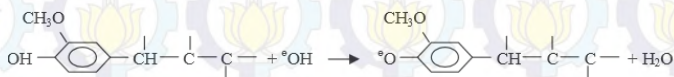
Pilihan untuk mengolah serbuk bambu menjadi MDF didasarkan pertimbangan bahwa bamboo memiliki sifat cukup keras serta berserat. Nilai densitas berkisar antara 0,67 hingga 0,77 g/cm³. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan besaran yang sama untuk tempurung kelapa yang hanya 0,51 g/cm³. Keuntungan lain adalah bambu memiliki panjang serat berkisar antara 2,75-3,27 mm. Sifat bambu yang berserat dan memiliki densitas yang tinggi ini sangat baik dimanfaatkan sebagaibahan dasar pembuatan panel peredam bising. (Fitriani, 2011)

Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul fenil propane yang terdapat di dalam dinding sel dan di daerah antar sel (atau lamela tengah).



**Gambar 2.3 Struktur Kimia (Rumus Bangun) Lignin yang
Terdiri dari 16 Unit Fenil-Propana**
(Sumber : Afni Ariani Lubis. 2012)

Lignin dapat larut dalam larutan natrium hidroksida. Larutnya lignin ini disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil.



**Gambar 2.4 Reaksi Lignin dengan Gugus Hidroksil dari
NaOH**
(Sumber : Afni Ariani Lubis. 2012)

2.5 Gelombang dan Bunyi

2.5.1 Gelombang

Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui

medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.

Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi :

1. Gelombang mekanik

Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium.

Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali.

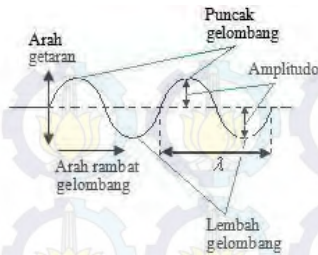
2. Gelombang elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma (γ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya.



Gambar 2.5 Gelombang Transversal

(Sumber : M. Nurhusaeni.2011)

Keterangan :

λ = panjang gelombang , satuannya meter (m)

Amplitudo : simpangan maksimum dari titik seimbang.

Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v dan satuannya m/s. Frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati suatu titik, satuannya sekon. Hubungan antara v , λ , T , dan f ialah :

$$f = 1/T$$

$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = v/f$$

$$v = \lambda \times f$$

Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20000 Hz. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi

yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi mungkin menjadi 10000 Hz atau kurang.

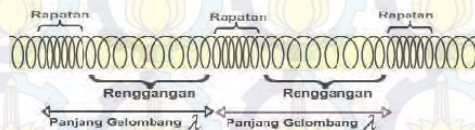
Tabel 2.4 Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi

Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100
Pitch Music Standart	440
Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

(Sumber: Resnick dan Halliday, 1992)

2. Gelombang longitudinal.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



Gambar 2.6 Gelombang Longitudinal

(Sumber: Resnick dan Halliday, 1992)

2.5.2 Bunyi

Bruel dan Kjaer (1986) mendefinisikan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam

menjadi partikel yang bergerak. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh (Egan, 1972).

Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua definisi, yaitu:

1. Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
2. Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *subyektif*.

Secara harafiah, bunyi dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

Apabila gelombang bunyi mencapai batas maka gelombang bunyi tersebut akan terbagi dua yaitu sebagian energi ditransmisikan/diteruskan dan sebagian lagi direfleksikan/dipantulkan. (Giancoli, 1998).

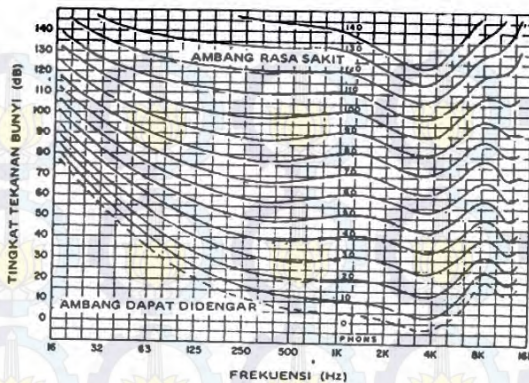
Pada umumnya hewan menggunakan gelombang bunyi/suara untuk memperoleh perubahan informasi dan untuk

mendeteksi lokasi dari suatu objek. Misalnya ikan lumba-lumba, kelelawar, menggunakan gelombang bunyi untuk menentukan lokasi makanan, apabila cahaya tidak cukup untuk pengamatan (Ackerman *et al*, 1988).

Pada sumber bunyi yang ditransmisikan di udara terdapat tekanan dan frekwensi, dimana frekuensi yang dapat ditangkap oleh telinga kita adalah 20-20000 Hz, dengan panjang gelombang 17-25 m. Frekuensi diatas 20000 Hz disebut frekuensi *Ultra Sonic*. Pada frekuensi ultra sonic tersebut telinga manusia tak dapat menerima maupun mendengarkan bunyi tersebut.

Secara umum tingkat frekuensi yang dipakai dalam pengukuran akustik lingkungan adalah 125, 250, 500, 1000, 2000 dan 4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048 Hz. Tekanan bunyi sangat membawa pengaruh kebisingan kepada telinga kita bila dibandingkan dengan frekuensi. Kenaikan tingkat tekanan bunyi sampai mencapai 30 dB akan sangat berpengaruh sekali terhadap pendengaran. Kenaikan frekuensi bila tidak diikuti dengan kenaikan tingkat tekanan bunyi maka kurang berpengaruh sekali terhadap pendengaran kita, walaupun kenaikan frekuensi mempunyai pengaruh terhadap sensasi pendengaran di telinga kita. Sebagai contoh bunyi yang mempunyai frekuensi 1000 Hz, jika tekanannya rendah sebesar 4 dB hampir tidak terdengar oleh kita, tetapi bunyi yang mempunyai frekuensi 63 Hz dengan tekanan bunyi 35 dB dapat didengar. Dari penjelasan di atas bahwa tekanan bunyi mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap tingkat kebisingan. Tingkat tekanan bunyi yang diukur dengan satuan *decible*, apabila terlalu besar akan dapat membahayakan pada sistem pendengaran kita dan kenaikan tekanan darah dan kepanikan, yang pada akhirnya dapat mengurangi aktivitas dan produktivitas kerja.

Hubungan frekuensi dan tingkat tekanan bunyi dapat dilihat pada Gambar 2.7 yakni grafik gelombang kekerasan bunyi atau *equal loudness countours*.



Gambar 2.7 Grafik Gelombang Kekerasan Bunyi
(Sumber: Resnick dan Halliday, 1992)

2.6 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Material akustik adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi suara yang datang dari sumber suara. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi suara tersebut dikonversi menjadi energi panas, yang merupakan hasil dari friksi dan resistansi dari berbagai material untuk bergerak dan berdeformasi. Peredam suara merupakan suatu hal penting didalam desain akustik, dan dapat diklasifikasikan menjadi 4 bagian yaitu:

1. Material berpori (porous materials)
2. Membran penyerap (panel absorbers)
3. Rongga penyerap (cavity resonators)
4. Manusia dan furnitur. (Asade, 2013)

2.7 Koefisien Serap Bunyi

Koefisien absorpsi atau penyerapan suara (sound absorption) merupakan perubahan energi dari energi suara menjadi energi panas atau kalor. Kualitas dari bahan peredam

suara ditunjukkan dengan harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Pada umumnya bahan yang berpori (porous material) akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya. Adanya pori-pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk kedalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah ke energi kalor.

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien penyerap suara atau koefisien absorbs (Asade, 2013)

Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5. Koefisien Penyerapan Bunyi Material Akustik

Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak dihaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40

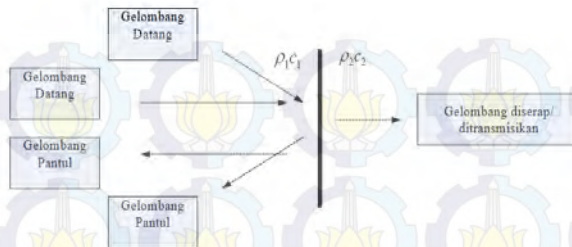
Sumber : Doelle, Leslie L, 1993.

Proses penyerapan suara berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel.

Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti gambar 2.4), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan (R) dan diserap/ditransmisikan (α) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

1. Dipantulkan semua ($R = 1$), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi $R = 1$ atau koefisien pantul (R) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ($\alpha = 1$), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi $\alpha = 1$ atau koefisien serap (α) adalah 1.
3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ($0 < \alpha < 1$).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi $\rho_1 c_1$ dan $\rho_2 c_2$ seperti pada gambar 2.6, dimana ρ adalah massa jenis material dan c adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika $\rho_1 c_1$ lebih kecil dari $\rho_2 c_2$, energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika $\rho_1 c_1$ lebih besar dari $\rho_2 c_2$, energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika $\rho_1 c_1$ sama besar dengan $\rho_2 c_2$, energy yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.



Gambar 2.8 Pemantulan dan Penyerapan Bunyi dari Media Akustik

(Sumber : Doelle, Leslie L, 1993)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$ akan dipantulkan
2. $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$ akan diserap
3. $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$ akan diserap dan dipantulkan

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi (α). Harga koefisien ini bergantung dari sifat material, frekuensi bunyi, dan sudut gelombang bunyi ketika mengenai permukaan material tersebut.

Penyerap suara memiliki fungsi untuk meminimalisir pantulan dari gelombang suara tersebut. Koefisien absorpsi dilambangkan dengan α , digunakan untuk mengukur besar suara yang diserap oleh suatu material.

Koefisien absorpsi dapat dijelaskan secara matematis dengan persamaan:

$$\alpha = 1 - I_R/I_I$$

dimana α , I_R , dan I_I merupakan koefisien penyerapan suara, intensitas satu sisi dari suara yang terpantul (reflected), dan intensitas satu sisi suara datang (incident)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai α maka semakin besar gelombang suara yang diabsorpsi oleh material (dibubah menjadi panas diantara material) atau ditransmisikan kedalam material, dan semakin kecil yang dipantulkan. Semakin kecil nilai α maka semakin kecil gelombang suara yang diserap oleh material tersebut (Michael Ermann, 2015).

Untuk mendapatkan suatu pembacaan standar secara umum tanpa melihat rentang frekuensi masing-masing koefisien absorpsi bahan, maka dipakai nilai NRC (*Noise Reduction coefficient*) atau koefisien reduksi bunyi. NRC atau koefisien reduksi bising adalah angka rata-rata koefisien absorpsi material akustik pada frekuensi 250, 500, 1000, dan 2000 Hz. NRC diperlukan untuk menunjukkan seberapa jauh efisiensi bahan dalam mereduksi bunyi, dan ini dipakai sebagai angka standar internasional dalam menilai efisiensi kemampuan bahan dalam mereduksi bunyi. Nilai NRC dijadikan sebagai data dalam menilai kinerja akustik bahan dalam pemilihan dan perancangan bahan akustik ruang pada mesin atau bangunan secara keseluruhan.

Misalnya : karpet memiliki α sebagai berikut :

- pada frekuensi 250 = 0,15
- pada frekuensi 500 = 0,25
- pada frekuensi 1000 = 0,35
- pada frekuensi 2000 = 0,45

Maka NRC Karpet ialah:

$$\frac{0,15 + 0,25 + 0,35 + 0,45}{4} = 0,3. \text{ (Harahap, 2011)}$$

2.8 Scanning Electron Microscope

SEM(Scanning Electron Microscope) adalah alat yang digunakan untuk mempelajari morfologi permukaan / ukuran butiran. Pengamatan morfologi permukaan dalam 3 Dimensi, resolusi tinggi dan analisa Kimia. Prinsip kerja SEM (Scanning Electron Microscope) adalah sebagai berikut:

1. Electron Gun (Sumber Elektron / Penembak elektron)

Penembak elektron terdiri dari filamen Tungsten, penembak elektron ini digunakan untuk menghasilkan elektron dalam suatu volume tertentu dengan energi yang dapat ditentukan dengan mengatur arus listrik ke filament sehingga terjadi pelepasan elektron.

2. Demagnetification System (Perangkat Demagnetisasi)

Perangkat Demagnetisasi terdiri dari gabungan lensa-lensa elektromagnetik yang digunakan untuk menfokuskan E-Beam menjadi sangat kecil pada saat mencapai sampel.

3. Scan Unit (Sistem Pelarikan)

Pembentukan Gambar dengan menggunakan prinsip Scanning, dimana elektron diarahkan ke objek, gerakan berkas tersebut mirip dengan “Gerakan Membaca”. Scan unit dibangkitkan oleh scanning coil, sedangkan hasil interaksi berkas elektron dengan sampel menghasilkan Secondary Electron (SE) dan elektron Backs Scattered (BSc), diterima detektor SE/BSc, di ubah menjadi sinyal, data sinyal diperkuat oleh Video Amplifier kemudian disinkronkan oleh scanning circuit terbentuklah Gambar pada Tabung Sinar Katoda (CRT). (Abdullah, 2012)

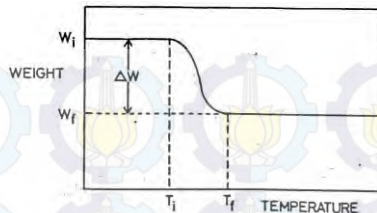
2.9 Thermogravimetric Analysis (TGA)

Analisa termal dapat didefinisikan sebagai pengukuran sifat-sifat fisik dan kimia material sebagai fungsi dari suhu. Pada prakteknya, istilah analisa termal seringkali digunakan untuk sifat-sifat spesifik tertentu. Misalnya entalpi, kapasitas panas, massa dan koefisien ekspansi termal. Pengukuran koefisien ekspansi termal dari batangan logam merupakan contoh sederhana dari analisa termal. Contoh lainnya adalah pengukuran perubahan berat dari garam-garam oksida dan hidrat pada saat mengalami dekomposisi akibat pemanasan. Dengan menggunakan peralatan modern, sejumlah besar material dapat dipelajari dengan metode ini. Penggunaan analisa termal pada ilmu mengenai zat padat telah demikian luas dan bervariasi,

mencakup studi reaksi keadaan padat, dekomposisi termal dan transisi fasa dan penentuan diagram fasa. Kebanyakan padatan bersifat „aktif secara termal“ dan sifat ini menjadi dasar analisa zat padat menggunakan analisa termal.

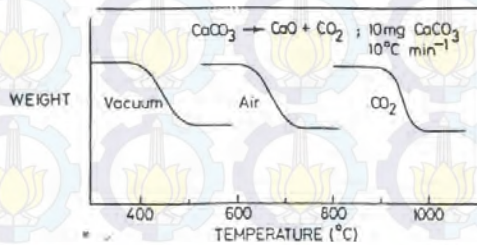
Dua jenis teknik analisa termal yang utama adalah analisa termogravimetrik (TGA), yang secara otomatis merekam perubahan berat sampel sebagai fungsi dari suhu maupun waktu, dan analisa diferensial termal (DTA) yang mengukur perbedaan suhu, T , antara sampel dengan material referen yang inert sebagai fungsi dari suhu.

Thermogravimetri adalah teknik untuk mengukur perubahan berat dari suatu senyawa sebagai fungsi dari suhu ataupun waktu. Hasilnya biasanya berupa rekaman diagram yang kontinu; reaksi dekomposisi satu tahap yang skematik diperlihatkan pada Gambar 1. sampel yang digunakan, dengan berat beberapa miligram, dipanaskan pada laju konstan, berkisar antara $1 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, mempertahankan berat awalnya, W_i , sampai mulai terdekomposisi pada suhu T_i . Pada kondisi pemanasan dinamis, dekomposisi biasanya berlangsung pada range suhu tertentu, $T_i - T_f$, dan daerah konstan kedua teramati pada suhu diatas T_f , yang berhubungan harga berat residu W_f . Berat W_i , W_f , dan ΔW adalah harga-harga yang sangat penting dan dapat digunakan pada perhitungan kuantitatif dari perubahan komposisinya, dll. Bertolak belakang dengan berat, harga T_i dan T_f , merupakan harga yang bergantung pada beragam variabel, seperti laju pemanasan, sifat dari padatan (ukurannya) dan atmosfer di atas sampel. Efek dari atmosfer ini dapat sangat dramatis, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 untuk dekomposisi CaCO_3 ; pada kondisi vakum, dekomposisi selesai sebelum $\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$, namun dalam CO_2 tekanan atmosfer 1 atm, dekomposisi bahkan belum berlangsung hingga suhu di atas $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oleh sebab itu, T_i dan T_f merupakan nilai yang sangat bergantung pada kondisi eksperimen, karenanya tidak mewakili suhu-suhu dekomposisi pada equilibrium. (Agus, 2011)



Gambar 2.9 Skema Termogram bagi Reaksi Dekomposisi Satu Tahap

(Sumber : Agus, 2011)



Gambar 2.10 Dekomposisi CaCO_3 pada Atmosfer yang Berbeda

(Sumber : Agus, 2011)

2.10 Komposit sebagai Material Akustik

Dari hasil pengujian komposit serat ampas tebu dan matriks gipsum (T-G), nilai koefisien absorpsi suara setiap spesimen terhadap frekuensi berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan dari masing-masing panjang serat, dimana serat yang lebih panjang memiliki nilai koefisien absorpsi suara (α) yang cenderung lebih rendah pada frekuensi tinggi (1000-4000Hz).

Pada spesimen komposit (10mmT-G) terlihat bahwa spesimen ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik pada frekuensi 4000Hz. Menurut ISO 11654 material dikatakan sebagai penyerap suara yang baik saat nilai α ialah 0,15. Pada frekuensi 1000 hz dicapai nilai α sebesar 0,073 kemudian nilai α

naik sedikit pada frekuensi 2000Hz dan 4000 Hz hingga menjadi 0,155.

Pada komposit (30mmT-G) terlihat bahwa spesimen ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang tidak begitu baik. Pada frekuensi 1000 Hz nilai α sebesar 0,147, pada frekuensi 2000 Hz mengalami penurunan nilai α menjadi sebesar 0,075. Nilai α kembali meningkat namun tidak signifikan pada frekuensi 4000Hz menjadi 0,083.

Hasil uji spesimen komposit (50mmT-G) terlihat bahwa spesimen ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik pada frekuensi 1000Hz. Pada frekuensi 1000 Hz nilai α sebesar 0,177, mengalami penurunan pada frekuensi 2000Hz menjadi 0,08. Setelah itu Nilai α meningkat lagi pada Frekuensi 4000 Hz menjadi 0,092.

Karakteristik kemampuan penyerapan suara pada ketiga spesimen ini hampir mirip pada frekuensi tinggi. Semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti bahwa material tersebut bagus karena tergantung pada kegunaannya.

Komposisi pada pembuatan spesimen komposit sangat mempengaruhi dari hasil nilai koefisien absorpsi suara. Pengaruh dari serat yang ditambahkan pada material komposit bermatriks gypsum akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang berbeda. Hal ini dikarenakan serat terdiri dari beberapa serat halus yang apabila dilihat dari mikroskop optik terlihat bahwa serat tersebut memiliki pori-pori yang mampu menampung suara. Selain itu, ikatan fisis antara serat sebagai penguat dan matriks gypsum juga akan membentuk rongga-rongga halus yang akan menampung suara yang diterima oleh spesimen komposit. (Agung dan Farid, 2015)

Dari hasil pengujian koefisien absorpsi pada komposit serat ampas tebu dan bambu betung dengan matriks gipsium nilai koefisien absorpsi terhadap frekuensi setiap spesimen berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena perbedaan dari komposisi spesimen tersebut yang menyebabkan perbedaan kerapatan

ataupun ketidakhomogenan spesimen tersebut, ketidak homogenan tersebut disebabkan karena tidak meratanya sebaran serat sehingga berdampak pada nilai koefisien absorpsi.

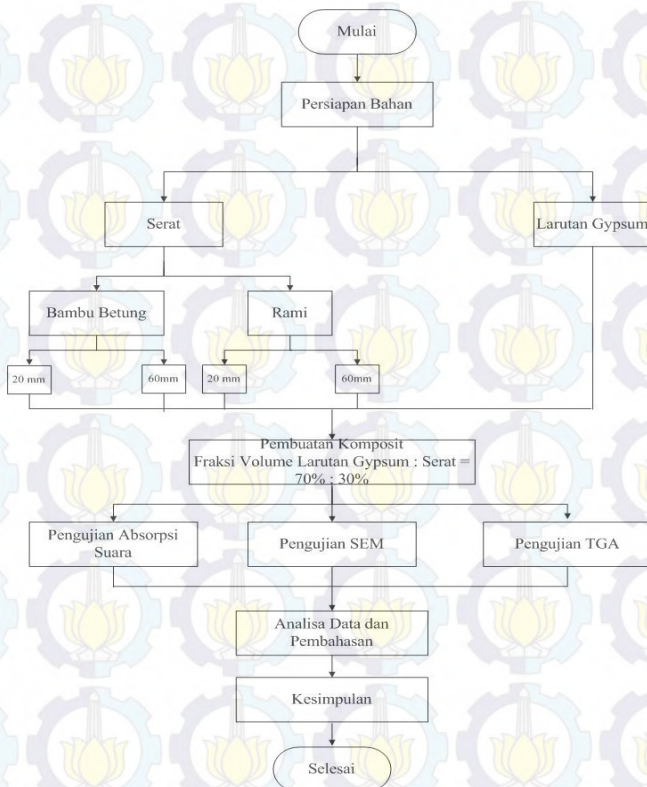
Farid dan Heriyanto (2013) menunjukkan adanya kinerja penyerapan suara material komposit berbasis serat rami dalam ruangan mencapai 99% dan hanya 1% energi suara yang direfleksikan pada frekwensi 1255 Hz.

Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekwensi 125 Hz untuk material poliester berpenguat serat rami dan pada frekwensi menengah 1000 Hz untuk material poliester berpenguat serat bambu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1 di bawah. Pembuatan diagram alir penelitian bertujuan agar mempermudah pemahaman mengenai langkah-langkah penelitian yang dilakukan, karena digambarkan dengan sistematis.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Serat rami



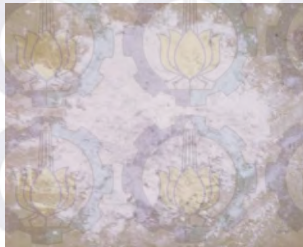
Gambar 3.2 Serat Rami

2. Serat bambu betung



Gambar 3.3 Serat Bambu Betung

3. Gypsum



Gambar 3.4 Gypsum

4. Aquades



Gambar 3.5 Aquades

5. NaOH 1M



Gambar 3.6 NaOH 1M

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong bambu agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.7 Gergaji

2. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji



(a)

(b)

Gambar 3.8 Cetakan Pembuatan Spesimen

(a). Cetakan uji absorpsi suara (b). Cetakan SEM dan TGA

3. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang akan digunakan.



Gambar 3.9 Timbangan

4. Gelas ukur

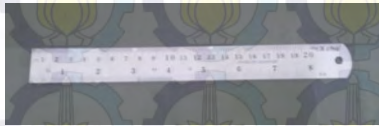
Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume larutan akuades dan NaOH yang digunakan



Gambar 3.10 Gelas ukur

5. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur panjang serat, dan dimensi spesimen.



Gambar 3.11 Penggaris

6. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong serat.



Gambar 3.12 Gunting

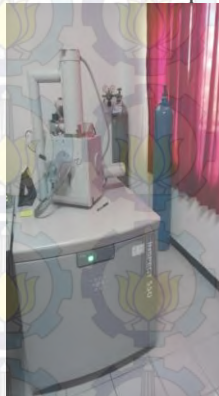
7. Kertas gosok

Kertas gosok digunakan untuk meratakan permukaan spesimen.



Gambar 3.13 Kertas Amplas

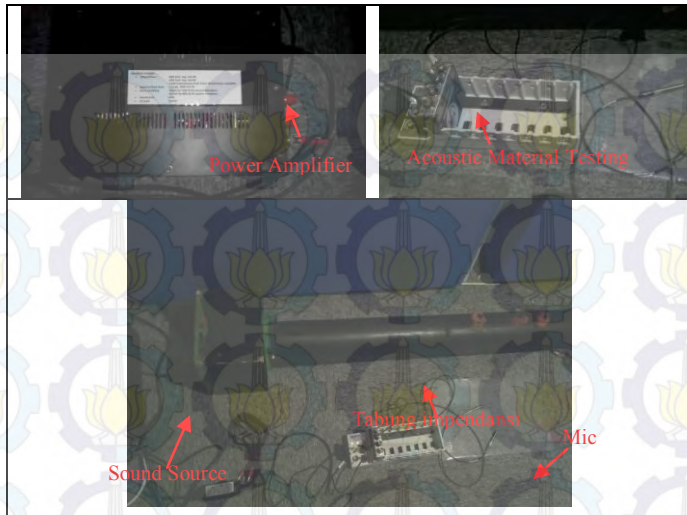
8. Mesin Scanning Electron Microscope



Gambar 3.14 Mesin Scanning Electron Microscope

9. Mesin Uji Absorpsi Suara

Alat uji koefisien absorpsi suara milik laboratorium akustik material di Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.



Gambar 3.15 Mesin Uji Absorpsi Suara

10. Mesin TGA

Mesin TGA milik Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya



Gambar 3.16 Mesin Thermogravimetric Analysis

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah perbedaan panjang serat rami(R) dan bambu betung(B) dalam millimeter yaitu sebagai berikut:

1. 20 R + 20 B
2. 20 R + 60 B
3. 60 R + 20 B
4. 60 R + 60 B

3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian, dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

No	Perbandingan Panjang Serat Rami : Bambu Betung(mm)	Sampel	Pengujian		
			Uji Absorpsi Suara	Uji SEM	Uji TGA
1	20 : 20	1	V	V	V
2	20 : 60	2	V	V	V
3	60 : 20	3	V	V	V
4	60 : 60	4	V	V	V

Massa spesimen Uji Absorpsi Suara : 148,16 gram

Massa spesimen Uji Scanning Electron Microscope : 0,57 gram

Massa spesimen Uji Thermogravimetric Analysis : 0,03 gram

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini penting untuk dilakukan, karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.

3.5.1 Persiapan Bahan

3.5.1.1 Pengolahan Serat Rami

1. Serat rami diperoleh dari Pujon, Jawa Timur.
2. Pembersihan dengan menggunakan air untuk menghilangkan kotoran.
3. Perendaman di dalam larutan alkali (NaOH) yang didapatkan secara komersial dari PT. Brataco dengan waktu perendaman 4 jam untuk menghilangkan kandungan lignin.
4. Penetralan dari efek NaOH dengan perendaman menggunakan air bersih.
5. Setelah PH rendaman netral ($\text{PH} = 7$), serat ditiriskan hingga kering tanpa sinar matahari.
6. Pemotongan serat sepanjang 20 mm dan 60 mm

3.5.1.2 Pengolahan Serat Bambu Betung

1. Serat bambu betung diperoleh dari daerah Lumajang. Pemotongan bambu betung dengan gergaji.
2. Penghancuran bambu betung untuk pemisahan antara serat dengan ligninnya secara makro.
3. Perendam dengan larutan NaOH 1M untuk mengurangi kandungan ligninnya.
4. Pencucian bersih dengan air, lalu dikeringkan.
5. Pemisahan serat satu persatu dan lalu pemotongan serat dengan ukuran 20 mm dan 60 mm.

3.5.1.3 Persiapan Matriks Gypsum

1. Gypsum didapatkan secara komersial dari PT Siam-Indo Gypsum Industry Bekasi. Penimbangan gypsum berdasarkan perbandingan yang telah ditentukan
2. Pengadukan gypsum menggunakan air dengan perbandingan 127.48gr : 127.48gr untuk spesimen uji absorpsi suara dan 5.85gr: 5.85gr untuk spesimen uji TGA dan SEM sampai merata.

3.5.1.4 Pembuatan Cetakan

1. Untuk bagian atas dan bawah cetakan digunakan kaca dengan ukuran 25x25 cm.

2. Untuk cetakan spesimen uji absorpsi suara terbuat dari bahan seng dengan diameter 10 cm dan tinggi 1 cm. Untuk spesimen SEM dan TGA terbuat dari seng berukuran 120x10x3mm.

3.5.1.5 Pembuatan Komposit

1. Campuran gypsum yang sudah diaduk secara merata dicampurkan dengan serat bambu betung dan rami yang telah tercampur dengan panjang serat masing masing yang telah ditentukan lalu dituangkan ke dalam cetakan yang sudah ada, dengan perbandingan fraksi massa yang telah dihitung.
2. Campuran gypsum dan serat yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan diratakan ke seluruh penampang cetakan. Komposit berpenguat serat rami dan bambu betung dengan matriks gypsum (R/B-G) ini dibuat dengan metode *hand layup*. Komposit ini dibuat dengan variasi panjang serat rami dan bambu betung yakni 20 mm dan 60 mm, dan terdiri dari 4 macam spesimen dengan kombinasi yang berbeda yaitu (20mmR/20mmB-G), (20mmR/60mmB-G), (60mmR/20mmB-G), dan (60mmR/60mmB-G).

3.5.1.6 Pembongkaran Spesimen

Spesimen dibongkar dari cetakan untuk kemudian dikeringkan dengan cara dijemur pada terik matahari selama 6 jam atau didalam ruangan selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air yang masih tersisa.

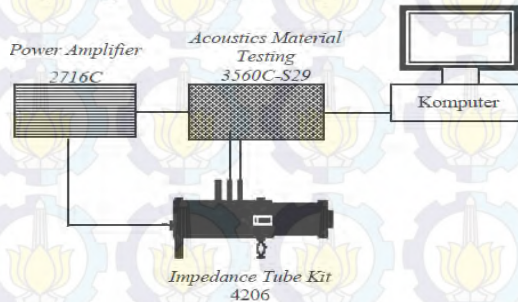
3.5.2 Proses Pengujian

Setelah bahan komposit jadi, dilakukan beberapa pengujian yakni :

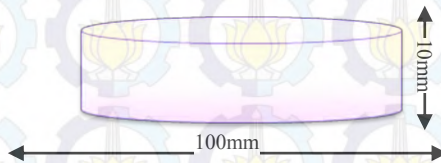
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Surabaya. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100mm dan tinggi 10mm. Berikut ini rangkaian alat tabung impendansi untuk mengukur uji penyerapan suara:



Gambar 3.17 Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara



Gambar 3.18 Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara

Rangkaian alat terdiri dari:

Acoustic material testing 3560C-S29: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon

- 1) *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
- 2) *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
- 3) *Komputer* : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian .

Pengujian *Absorption* adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara

ditunjukkan dengan harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada ampliflier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter. Metode yang digunakan dalam uji absorbsi suara pada penelitian ini adalah *Two Microphone Impedance Tube Technique* (Transfer Function Method). Nilai koefiesn absorpsi suara (α) dapat diperoleh dengan persamaan dibawah ini :

$$R = \frac{H_l - H_i}{H_r - H_l} e^{j2k(l+s)} \quad (3.1)$$

Dimana :

- R = Koefisien refleksi sample
- Hl = *Frequency Response Function* (FRF) dari tabung impedansi
- Hi = FRF terkait dengan komponen gelombang datang
- Hr = FRF terkait dengan gelombang pantul
- k = nomor gelombang
- l = Jarak antara microphone dan sample
- s = jarak antar microphone

$$\alpha = |1 - R|^2 \quad (3.2)$$

Hasil dari gelombang suara yang datang dan yang tertangkap kemudian dianalisa untuk mendapatkan fungsi respon frekuensi. Perhitungan nilai koefisien absorpsi suara menggunakan perangkat lunak (*software*) Pulse v.6. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk grafik menggunakan *software* matlab. Dari grafik tersebut, perilaku penyerapan suara pada komposit dianalisis dan kemudian dilakukan interpretasi.

3.5.2.2 Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope)

Pengujian SEM bertujuan untuk mempelajari morphology (sifat permukaan), ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 10x10x3mm

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

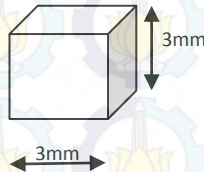
Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



Gambar 3.19 Dimensi spesimen SEM

3.5.2.3 Pengujian TGA (Thermogravimetric Analysis)

TGA adalah metode untuk menganalisis perubahan secara fisik dan kimia pada material dengan cara memaksa terjadinya reaksi dengan penggunaan panas. Spesimen uji berbentuk kubus dengan dimensi 3x3x3mm, akan dipanaskan secara bertahap dan diukur seberapa banyak perubahan massanya seiring dengan pertambahan temperature. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian dilakukan berdasarkan standard ASTM E1131.



Gambar 3.20 Dimensi spesimen TGA

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposit Serat Bambu Betung dan Rami Bermatriks Gypsum

Penelitian ini menggunakan komposit berbahan dasar serat rami dan bambu betung. Gambar 4.1 menunjukkan spesimen uji absorpsi suara komposit R/B-G yang telah dilepas dari cetakan. Bentuk permukaan spesimen halus dan warnanya putih dengan adanya serat membuat corak tersendiri. Gambar 4.2 dan gambar 4.3 masing-masing menunjukkan gambar spesimen SEM dan spesimen TGA.



Gambar 4.1 Spesimen Uji Absorpsi Suara



Gambar 4.2 Spesimen Uji Scanning Electron Microscope



Gambar 4.3 Spesimen Uji Thermogravimetric Analysis

4.2 Koefisien Absorpsi Suara Komposit R/B-G

Pengujian absorpsi suara dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai koefisien absorpsi suara, yang mana kualitas dari bahan penyerap suara ditunjukkan dengan harga α (nilai koefisien absorpsi suara). Semakin besar nilai α maka semakin baik digunakan sebagai penyerap suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan itu sendiri.

Tabel 4.1 menunjukkan data hasil pengujian koefisien absorpsi suara. Dapat dilihat dari hasil pengujian komposit R/B-G, nilai koefisien absorpsi suara setiap spesimen bervariasi terhadap frekuensi yang berbeda. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan dari masing-masing panjang serat, dimana serat yang lebih panjang memiliki nilai koefisien absorpsi suara (α) yang cenderung lebih tinggi pada berbagai frekuensi dibandingkan dengan serat pendek.

Pada spesimen komposit (20mmR/20mmB-G) terlihat bahwa spesimen ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang cenderung semakin baik dengan semakin naiknya frekuensi sumber suara. Menurut ISO 11654 material dikatakan sebagai penyerap suara yang baik saat nilai α ialah 0,15. Pada frekuensi 125 Hz nilai α sebesar 0,149, namun pada frekuensi 250 Hz mengalami peningkatan yang cukup signifikan dengan nilai α sebesar 0,217. Nilai α meningkat lagi pada Frekuensi 500 Hz menjadi 0,321. Peningkatan nilai α kembali terjadi pada frekuensi 1000 Hz menjadi 0,361 kemudian mencapai 0,408 pada frekuensi 2000Hz dan pada 4000 Hz menjadi 0,434.

Pada komposit (20mmR/60mmB-G) terlihat bahwa spesimen ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang sudah cukup baik pada berbagai range frekuensi. Pada frekuensi 125 Hz nilai α sebesar 0,152, pada frekuensi 250 Hz mengalami peningkatan dengan nilai α sebesar 0,215. Nilai α terus naik pada frekuensi 500 menjadi 0,338. Kemudian nilai α terus mengalami kenaikan hingga pada frekuensi 4000 Hz mencapai 0,428.

Hasil uji spesimen komposit (60mmR/20mmB-G) terlihat bahwa spesimen ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang memiliki pola kenaikan hampir sama dengan dua spesimen sebelumnya. Pada frekuensi 125 Hz nilai α sebesar 0,138 namun meningkat pada frekuensi 500 Hz sampai nilai α menjadi 0,358. Pada frekuensi 1000 Hz kembali mengalami peningkatan nilai α sehingga menjadi 0,387 dan naik lagi pada frekuensi 2000Hz sehingga menjadi 0,408. Setelah itu nilai α meningkat kembali pada frekuensi 4000 Hz menjadi 0,439. Kemampuan penyerapan terbaik ada pada frekuensi tinggi.

Pola kenaikan nilai koefisien absorpsi suara yang sama kembali terulang pada spesimen (60mmR/60mmB-G). Pada frekuensi 250 Hz nilai α adalah 0,148. Nilai ini terus mengalami peningkatan seiring dengan naiknya frekuensi. Pada saat frekuensi 500 Hz nilai α mencapai 0,372. Kenaikan terus terjadi hingga pada frekuensi 4000 Hz nilai α adalah 0,44.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Koefisien Absorpsi Suara

Frekuensi (Hz)	Nilai Koefisien Absorpsi Suara (α)			
	20 R + 20 B	20 R + 60 B	60 R + 20 B	60 R + 60 B
125	0.149	0.152	0.138	0.148
250	0.217	0.215	0.269	0.25
500	0.321	0.338	0.358	0.372
1000	0.361	0.369	0.387	0.386
2000	0.408	0.388	0.408	0.412
4000	0.434	0.428	0.439	0.44

Gambar 4.4 menunjukkan karakteristik kemampuan penyerapan suara pada keempat spesimen ini memiliki pola yang identik yaitu semakin baik dengan semakin naiknya frekuensi. Perbedaan dari keempat spesimen ini nampak dari perbedaan nilai koefisien absorpsi suara pada berbagai frekuensi yang menunjukkan adanya pengaruh dari perbedaan panjang serat.

Dari Grafik, nampak bahwa nilai koefisien absorpsi suara terbaik diperoleh dari spesimen (60mmR/60mmB-G) pada frekuensi tinggi 4000Hz. Serat yang lebih panjang menunjukkan nilai koefisien absorpsi suara yang cenderung lebih baik pada hampir semua frekuensi.

Fenomena penyerapan suara oleh material berserat disebabkan oleh adanya disipasi dari energi akustik menjadi panas. Ketika suara memasuki material berpori menyebabkan molekul udara didalam pori pori kecil material ikut bergetar sesuai dengan frekuensi dari gelombang suara. Getaran ini menyebabkan adanya gesekan-gesekan. Perubahan dari arah aliran gelombang suara, bersamaan dengan fenomena kontraksi dan ekspansi dari aliran melalui pori pori yang tidak beraturan menyebabkan hilangnya momentum. Hal ini juga menyebabkan perubahan temperatur sehingga akan terjadi perpindahan panas yang menyebabkan hilangnya energi dari gelombang suara.(Jayaraman, 2010)

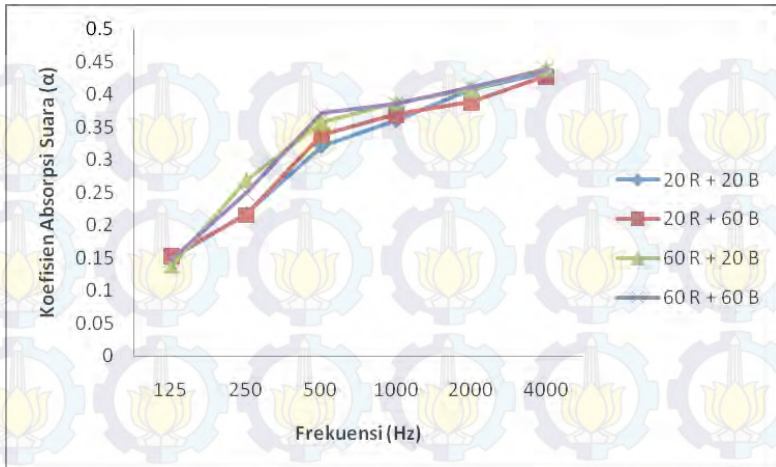
Beberapa faktor mempengaruhi penyerapan suara dari suatu material. Salah satunya adalah tortuosity. Tortuosity menyatakan keadaan struktur dalam material yaitu ketidakteraturan pori-porinya. Semakin tinggi derajat tortuosity maka semakin baik sifat penyerapan suara dari suatu material karena aliran udara akan semakin sulit dalam material ini.(Jayaraman, 2010) Efek ini juga searah dengan salah satu faktor lain yang mempengaruhi penyerapan suara suatu material yaitu airflow resistance atau tahanan aliran udara. Semakin panjang serat yang digunakan dalam material maka struktur pori pori juga akan semakin acak dan tidak beraturan karena kecenderungan serat untuk berada tidak dalam posisi yang sejajar. Hal inilah penyebab semakin tingginya koefisien absorpsi suara pada material dengan serat yang semakin panjang.

Selain itu terdapat juga faktor luas permukaan dari serat yang mempengaruhi koefisien penyerapan suara dari suatu material. Semakin besar luas permukaan dari serat, bidang yang bergesekan dengan udara saat perambatan suara juga akan makin

besar. Hal ini menghasilkan penyerapan suara yang lebih baik dari suatu material. Serat yang lebih panjang memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga sesuai dengan hasil dari uji absorpsi suara akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi suara yang lebih besar.

Dari grafik juga dapat dilihat adanya pola yang sama dari keempat spesimen yaitu nilai koefisien absorpsi suara yang makin membaik pada frekuensi yang semakin tinggi. Pola semacam ini merupakan tipe dari grafik koefisien absorpsi suara untuk material berpori, yang cocok untuk frekuensi tinggi. Selain material berpori juga terdapat material lain yang dapat digunakan untuk penyerap suara, yaitu panel dan resonator yang masing masing menunjukkan pola kurva yang berbeda pada grafik koefisien absorpsi suara. Panel dan resonator merupakan tipe penyerap suara yang cocok digunakan untuk frekuensi rendah.

Semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti bahwa material tersebut bagus dalam hal menyerap suara karena tergantung pada kegunaannya. Koefisien absorpsi suara berhubungan dengan kondisi lingkungan. Semakin besar suatu spesimen menyerap suara misalnya 1 maka suara dalam suatu ruangan akan langsung hilang tanpa ada pemantulan tetapi jika penyerapan suaranya rendah maka suara akan bergema atau dipantulkan dengan waktu dengung yang lama sampai dengung tersebut hilang sehingga suatu bahan penyerap suara yang bagus atau tidak ditentukan dari tempat kegunaannya.



Gambar 4.4 Koefisien Serap Suara Komposit R/B-G

Pada penelitian sebelumnya (Farid dan Suban, 2014) telah dilakukan pengujian nilai koefisien absorpsi suara pada 100%gypsum. Pada tabel 4.2 merupakan perbandingan nilai koefisien serap dari 100% gypsum dengan komposit R/B-G. Dari perbandingan pada tabel 4.2 terlihat bahwa penambahan serat rami dan bambu betung meningkatkan nilai α pada berbagai frekuensi dalam range 250-4000Hz. Penambahan serat tebu dan bambu betung pada gypsum, selain dapat meningkatkan nilai koefisien absorpsi juga dapat mengoptimalkan kegunaan limbah rami dan bambu betung yang tidak dimanfaatkan dan menaikkan nilai ekonomisnya.

Jadi adanya penambahan serat rami dan bambu betung dengan variasi panjang serat pada komposit dengan matriks gypsum akan meningkatkan nilai koefisien absorpsi suara pada pada berbagai frekuensi.

Dalam pembuatan untuk material gipsom board, komposit R/B-G sudah memenuhi dalam nilai koefisien absorpsi suara yang dibutuhkan.

Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Koefisien

Frekuensi (Hz)	Nilai Koefisien Absorpsi Suara (α)				
	G	20 R + 20 B	20 R + 60 B	60 R + 20 B	60 R + 60 B
125	0.048	0.149	0.152	0.138	0.148
250	0.067	0.217	0.215	0.269	0.25
500	0.016	0.321	0.338	0.358	0.372
1000	0.063	0.361	0.369	0.387	0.386
2000	0.0016	0.408	0.388	0.408	0.412
4000	0.138	0.434	0.428	0.439	0.44

4.3 Morfologi Komposit R/B-G

Morfologi dari komposit R/B-G dengan berbagai variasi panjang serat ditunjukkan dengan fotomikrograph *Scanning Electron Microscope*.

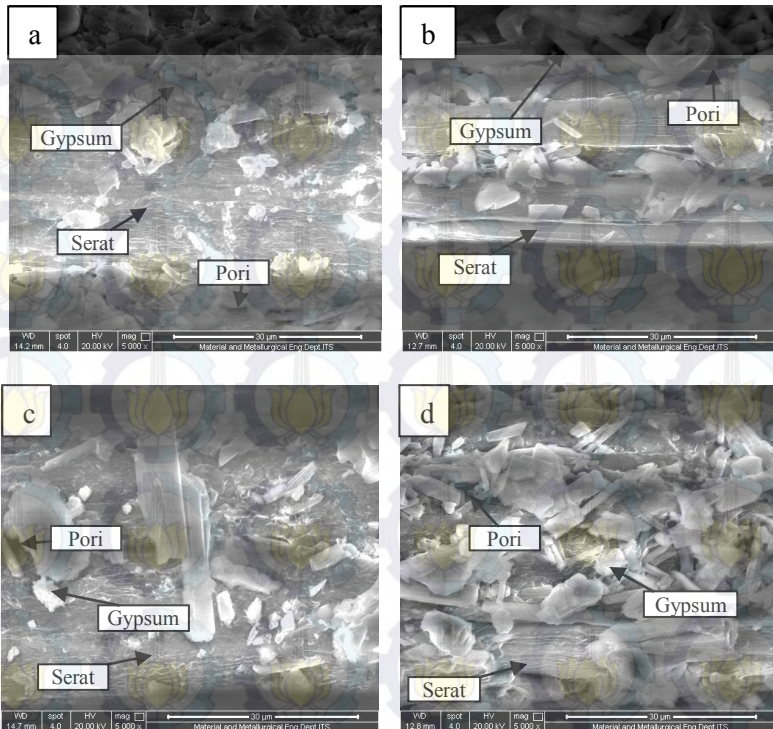
Gambar 4.5 (a) perbesaran 5000x dapat dilihat bentuk serat-serat berselingan pada matriks gypsum komposit 20mmR/20mmB-G. Terlihat susunan serat dan gypsum yang rapat dan jarang terlihat adanya celah atau pori. Hal ini menjelaskan sifat koefisien absorpsi suara dari spesimen ini yang kurang baik dibandingkan dengan ketiga spesimen lainnya. Gambar 4.5 (b) komposit gypsum 20mmR/60mmB-G memiliki struktur dengan lebih banyak celah daripada gambar 4.5 (a). Susunan dari matriks dan serat juga lebih acak. Hal ini dikarenakan terdapat ukuran serat yang lebih panjang sehingga struktur permukaan juga tidak serapat gambar 4.5 (a). Hal yang serupa juga terjadi pada gambar 4.5 (c) yang menunjukkan spesimen 60mmR/20mmB-G memiliki struktur berselang seling antara serat dan matriks yang juga acak dan memiliki celah celah yang memperkuat sifat absorpsi suara dari material ini. Namun perbedaan yang cukup signifikan nampak pada gambar 4.5 (d) yaitu yang menunjukkan spesimen 60mmR/60mmB-G. Ukuran kedua serat yang panjang menyebabkan susunan sangat acak dan terdapat banyak pori. Hal ini menjelaskan sifat absorpsi suara

yang cenderung paling baik dari spesimen ini dibandingkan dengan ketiga spesimen lainnya.

Setelah melalui perhitungan volume void dalam spesimen, telah dibuktikan juga bahwa spesimen 60mmR/60mmB-G dengan nilai koefisien absorpsi suara yang paling tinggi memiliki volume void yang paling besar dibandingkan dengan ketiga spesimen lainnya. Besarnya volume void inilah yang menyebabkan nilai α yang paling tinggi. Volume void dari spesimen 60mmR/60mmB-G adalah 75 cm^3 .

Dan pada hasil pengamatan gambar SEM ini juga dapat dilihat bahwa antar partikel gipsum hanya menempel saja pada serat yaitu hanya terikat secara fisik. Karena terlihat jelas juga pada gambar 4.5 (d) partikel gypsum ini terlihat seperti serpihan - serpihan kasar.

Jadi perbedaan panjang serat rami dan bambu betung ini mempengaruhi terbentuknya morfologi komposit dengan matriks gypsum yang memiliki celah-celah kosong lebih banyak untuk ukuran serat yang lebih panjang dimana terbentuknya celah-celah ini mempengaruhi kemampuan suara untuk terserap dengan baik oleh komposit R/B-G ini.



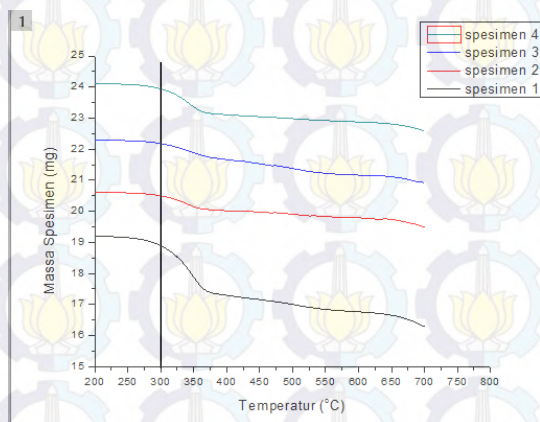
Gambar 4.5 SEM komposit perbesaran 5000x (a)20mmR/20mmB- G (b) 20mmR/60mmB-G dan (c) 60mmR/20mmB-G (d) 60mmR/60mmB-G

4.4 Pengujian Thermogravimetric Analysis

Pengujian TGA ditujukan untuk mengetahui degradasi material karena dikenakan kenaikan temperatur. Hasil dari TGA dapat digunakan untuk menyatakan batas temperatur kerja dari material sebelum mengalami degradasi.

Gambar 4.6 menunjukkan hasil uji TGA dari keempat spesimen. Grafik dimulai dari 4 titik yang berbeda dikarenakan keempat spesimen memiliki massa awal yang berbeda. Keempat spesimen menunjukkan pola grafik yang cenderung sama, yaitu stabil pada range temperature tertentu dan pada suatu temperature mengalami degradasi yang signifikan.

Garis hitam menunjukkan batas temperatur yang masih aman untuk penggunaan material sebelum mengalami degradasi.



Gambar 4.6 Hasil Uji Thermogravimetric Analysis

Pada dasarnya serat alam akan mengalami degradasi pada temperature 280-300°C. (Nam. 2011) Sedangkan untuk gypsum akan mengalami perubahan fasa pada temperature 1214°C. (Newman. 2012)

Keempat spesimen tersusun atas material yang sama sehingga akan mengalami degradasi pada temperatur yang relative sama. Namun pada spesimen 1 terdapat perbedaan bentuk

kurva. Adanya perbedaan yang terjadi pada bentuk kurva dikarenakan pengambilan sample secara acak yang memungkinkan adanya perbedaan komposisi dari serat dan gypsum antara satu spesimen dan yang lainnya.

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa material ini akan aman digunakan hingga temperatur 300°C. Setelah temperatur tersebut material akan mengalami degradasi pengurangan massa yang signifikan apabila dinaikkan temperaturnya. Oleh karena itu, penggunaan komposit R/B-G dalam bidang otomotif sebagai material absorpsi suara aman hingga pada temperatur 300°C.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Nilai koefisien absorpsi suara (α) cenderung mengalami kenaikan dengan adanya pertambahan panjang serat. Nilai α tertinggi diperoleh dari spesimen (60mmR/60mmB-G) pada frekuensi tinggi 4000Hz. Nilai α dari ketiga komposit pada frekuensi 250-4000 Hz lebih besar dari 0,15 sehingga telah memenuhi standar ISO 11654. Namun demikian, perbedaan dari nilai koefisien absorpsi suara keempat spesimen tidak terlalu signifikan. Keempat spesimen menampilkan pola yang sama yaitu nilai α yang semakin baik pada frekuensi yang semakin tinggi.
2. Menurut hasil pengamatan dengan Scanning Electron Microscope, spesimen (60mmR/60mmB-G) memiliki struktur yang lebih berpori dibandingkan ketiga spesimen lainnya yang menjelaskan nilai α terbesar yang ada di spesimen ini.
3. Menurut uji Thermogravimetric Analysis, material R/B-G memiliki ketahanan terhadap temperatur maksimal 300°C sebelum mulai mengalami degradasi yang signifikan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Pembuatan spesimen sebaiknya menggunakan cetakan yang mempunyai alat penekan sehingga tekanannya dapat diatur.
2. Penyusunan serat dalam komposit sebaiknya lebih sejajar lagi supaya struktur morfologi tampak lebih teratur.
3. Massa awal spesimen-spesimen dalam proses uji TGA sebaiknya diseragamkan supaya kurva dapat dibandingkan dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah. 2012. *Pembuatan Dan Karakterisasi Serta Aplikasi Katalik Konverter Untuk Filter Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Premium*. Repository Universitas Sumatra Utara

Ackerman E., Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams, 1988. *“Ilmu Biofisika (terjemahan; Redjani, Abdulbasir)”*, Surabaya: Airlangga University.

Asade F. 2013. *Perancangan Tabung Impedansi dan Kajian Eksperimental Koefisien Serap Bunyi Paduan Aluminium-Magnesium*. Jurnal Universitas Sumatra Utara

ASTM D695.2001. *Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*. (USA: ASTM International)

ASTM D790 (2003), *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.

ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system*. ASTM Subcommittee E33.01

Brueel & Kjaer.1986. *Noise Control Principles and Practices 2nd Edition*. Denmark: Naerum Offset.

Casey, J.P., 1980. *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Vol I: Pulping and Bleaching Third Edition.* Wild Interscience Publication. New York.

Doelle, L. L. 1972. *Akustik Lingkungan.* Jakarta: Erlangga.

Giancoli D.C., 1998. *Fisika*, Penerjemah Yuhilsa Hanum, Jakarta : Penerbit Erlangga.

Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material.* New York: McGraw-Hill Inc.

Harahap, R. N. 2011. *Kajian Eksperimental Karakteristik Material Akustik dari Campuran Serat Batang Kelapa Sawit dan Polyurethane dengan Metode Impedance Tube.* Repository Universitas Sumatra Utara

Haygreen, J. G. dan J. L. Bowyer. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu.* Terjemahan Gadjah. Mada University. Yogyakarta.

Janssen, JJA. (1987). *The Mechanical Properties of Bamboo* : 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China, and IDRC, Canada

Jayaraman, Kannan. (2011). *Acoustical Absorptive Properties of Nonwovens.* Thesis Faculty of North Carolina State University. USA

K. van Rijswijk, M.Sc, et.al. 2001. *Natural Fibre Composites Structures and Materials.* Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.

Liesse, W. (1980). *Preservation of Bamboo*, in Lessard, G. & Chouinard, A.: *Bamboo Research in Asia*, pp.165-172, IDRC, Canada.

Lord, P., dan T. Duncan, 2001. *Detail Akustik*, edisi 3. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Lubis A. 2012. Isolasi Lignin dari Lindi Hitam (Black Liquor) Proses Pemasakan Pulp Soda Dan Pulp Sulfat (Kraft). Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor

M. David Egan.1972. *Concept in Architectural Acoustic*. New York : Mc Graw-Hill Book Company.

M. Farid, T. Heriyanto, (2013). *Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials*, Advanced Materials Research, Vol. 789, pp. 269-273.

M .Farid, H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, (2015). *Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre*. Advanced Materials Research, Vol.1112, pp. 329-332.

Nurhusaeni, M. 2011. *Gelombang Transversal*. Jakarta : Erlangga

Nurisyantoro, A dan Farid, M. 2015. *Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound*

Absorption Material. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.

Peter, S. T. 2002. *Composite Materials and Processes*. In: Harper, C. A. Ed. *Handbook of Plastics, Elastomers, & Composites*. 4th ed. N. Y.: McGraw-Hill Companies, Inc

Resnick R., dan Halliday D., 1992. *Fisika*, Penerjemah Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ristadi, F. A. 2011. *Studi Mengenai Sifat Mekanis Komposit Polylactic Acid (PLA) Diperkuat Serat Rami*. Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Sahida, M.A dan Farid, M. 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.

Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc.

Setiabudi, Agus. 2011. *Bahan Kuliah Karakterisasi Material*. FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung

Sipayung, Bed Jesamon. 2011. *Pengaruh Campuran Serat Sabut Kelapa Dan Gypsum Sebagai Material Penyerap Suara*. Universitas Negeri Medan

Suban, S.L. dan Farid, M. 2015. *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Sifat Mekanik Komposit Serat Ampas Tebu dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.

Sudarsono. 2012. *Kajian Sifat Mekanik Material Komposit Propeler Kincir Angin Standard Naca 4415 Modifikasi*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Sutrisno, 1988. *Gelombang Dan Optik*, Seri Fisika Dasar Jilid 2, Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Suwanto, Bodja. 2010. *Pengaruh Temperatur Post-Curing Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Resin Yang Diperkuat Woven Serat Pisang*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

Wangaard F.F. 1981. *Wood: It's Structure and Properties*. Univercity Park, PA;The Pennsylvania State University.

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

Perbandingan volume serat : volume gipsum = 30%:70%

Diketahui :

Massa jenis gipsum = $2,32 \text{ gr/cm}^3$

Massa jenis serat rami = $1,5 \text{ gr/cm}^3$

Massa jenis serat bambu betung = $0,253 \text{ gr/cm}^3$

Dimensi cetakan berdasarkan standar yang telah ditentukan pada metodologi.

Mencari volume masing-masing cetakan :

- Cetakan Uji Koefisien Absorpsi

$$V = \pi r^2 t = \pi (50\text{mm})^2 \times 10\text{mm}$$

$$= 78500\text{mm}^3$$

$$= 78,5 \text{ cm}^3$$

Spesimen SEM dan TGA dibuat dari cetakan yang sama yang nantinya dipotong sesuai dengan ukuran spesimen yang diperlukan.

- Cetakan Scanning Electron Microscope dan Thermogravimetri Analysis

$$V = p \times l \times t = 120\text{mm} \times 10\text{mm} \times 3\text{mm}$$

$$= 3600 \text{ mm}^3 = 3,6 \text{ cm}^3$$

- Spesimen Scanning Electron Microscope

$$V = p \times l \times t = 10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 3\text{mm}$$

$$= 300 \text{ mm}^3 = 0,3 \text{ cm}^3$$

- Spesimen Thermogravimetri Analysis

$$V = 3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 3\text{mm}$$

$$= 27\text{mm}^3 = 0,027\text{cm}^3$$

Fraksi Volume Serat

1. Serat Rami

$$\text{Fraksi volume serat rami} = 30\% : 2 = 15\%$$

- Uji Absorpsi Suara

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 78,5\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 11,8\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 1,5 \text{ gr/cm}^3 \times 11,8\text{cm}^3 \\ = 17,7 \text{ gr}$$

- Cetakan Scanning Electron Microscope dan Thermogravimetri Analysis

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 3,6\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 0,54\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 1,5 \text{ gr/cm}^3 \times 0,54\text{cm}^3 \\ = 0,81 \text{ gr}$$

- Uji Scanning Electron Microscope

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 0,3\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 0,045\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 1,5 \text{ gr/cm}^3 \times 0,045\text{cm}^3 \\ = 0,0675\text{gr}$$

- Uji Thermogravimetri Analysis

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 0,027\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 0,0041\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 1,5\text{gr/cm}^3 \times 0,0041\text{cm}^3 \\ = 0,0061\text{gr}$$

2. Serat Bambu Betung

Fraksi volume serat bamboo betung= $30\% : 2 = 15\%$

- Uji Absorpsi Suara

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 78,5\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 11,8\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$\begin{aligned} m &= \rho v = 0,253\text{gr/cm}^3 \times 11,8\text{cm}^3 \\ &= 2,98\text{gr} \end{aligned}$$

- Cetakan Scanning Electron Microscope dan Thermogravimetri Analysis

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 3,6\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 0,54\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$\begin{aligned} m &= \rho v = 0,253 \text{ gr/cm}^3 \times 0,54\text{cm}^3 \\ &= 0,137 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Uji Scanning Electron Microscope

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 0,3\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 0,045\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$\begin{aligned} m &= \rho v = 0,253 \text{ gr/cm}^3 \times 0,045\text{cm}^3 \\ &= 0,011\text{gr} \end{aligned}$$

- Uji Thermogravimetri Analysis

$$15\% \times \text{Volume cetakan} = 15\% \times 0,027\text{cm}^3$$

$$\text{Volume serat} = 0,0041\text{cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$\begin{aligned} m &= \rho v = 0,253\text{gr/cm}^3 \times 0,0041\text{cm}^3 \\ &= 0,001\text{gr} \end{aligned}$$

Fraksi Volume Gypsum

- Uji Absorpsi Suara

$$70\% \times \text{Volume cetakan} = 70\% \times 78,5 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume gipsum} = 54,95 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 2,32 \text{ gr/cm}^3 \times 54,95 \text{ cm}^3 \\ = 127,48 \text{ gr}$$

- Cetakan Scanning Electron Microscope dan Thermogravimetri Analysis

$$70\% \times \text{Volume cetakan} = 70\% \times 3,6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume gipsum} = 2,52 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 2,32 \text{ gr/cm}^3 \times 2,52 \text{ cm}^3 \\ = 5,85 \text{ gr}$$

- Uji Scanning Electron Microscope

$$70\% \times \text{Volume cetakan} = 70\% \times 0,3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume gypsum} = 0,21 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 2,32 \text{ gr/cm}^3 \times 0,21 \text{ cm}^3 \\ = 0,49 \text{ gr}$$

- Uji Thermogravimetry Analysis

$$70\% \times \text{Volume cetakan} = 70\% \times 0,027 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume gipsum} = 0,019 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 2,32 \text{ gr/cm}^3 \times 0,019 \text{ cm}^3 \\ = 0,044 \text{ gr}$$

Perhitungan volume void dalam spesimen

1. Spesimen Komposit 20mmR/20mmB-G

$$V_{\text{air awal}} = 125 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{air akhir}} = 81 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{void}} = V_{\text{air awal}} - V_{\text{air akhir}} = 125 \text{ cm}^3 - 81 \text{ cm}^3 = 44 \text{ cm}^3$$

2. Spesimen Komposit 20mmR/60mmB-G

$$V_{\text{air awal}} = 125 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{air akhir}} = 53 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{void}} = V_{\text{air awal}} - V_{\text{air akhir}} = 125 \text{ cm}^3 - 53 \text{ cm}^3 = 72 \text{ cm}^3$$

3. Spesimen Komposit 20mmR/20mmB-G

$$V_{\text{air awal}} = 125 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{air akhir}} = 55 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{void}} = V_{\text{air awal}} - V_{\text{air akhir}} = 125 \text{ cm}^3 - 55 \text{ cm}^3 = 70 \text{ cm}^3$$

4. Spesimen Komposit 20mmR/20mmB-G

$$V_{\text{air awal}} = 125 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{air akhir}} = 50 \text{ cm}^3$$

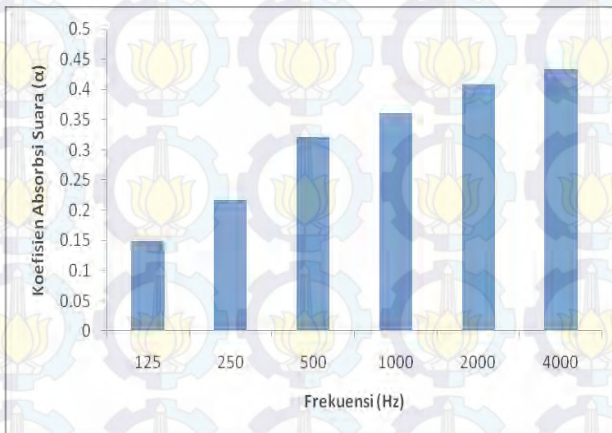
$$V_{\text{void}} = V_{\text{air awal}} - V_{\text{air akhir}} = 125 \text{ cm}^3 - 50 \text{ cm}^3 = 75 \text{ cm}^3$$

LAMPIRAN B

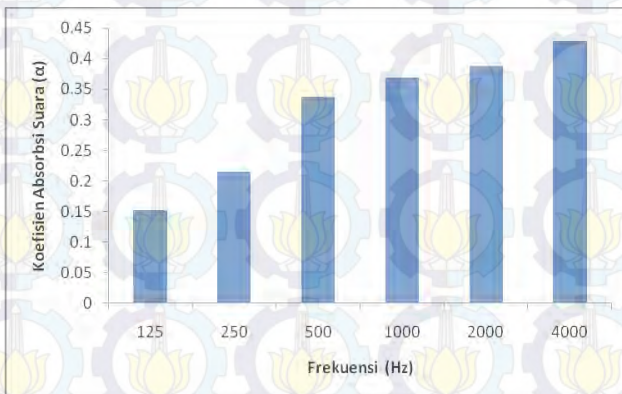
Hasil Pengujian

Hasil Pengujian Absorpsi Suara

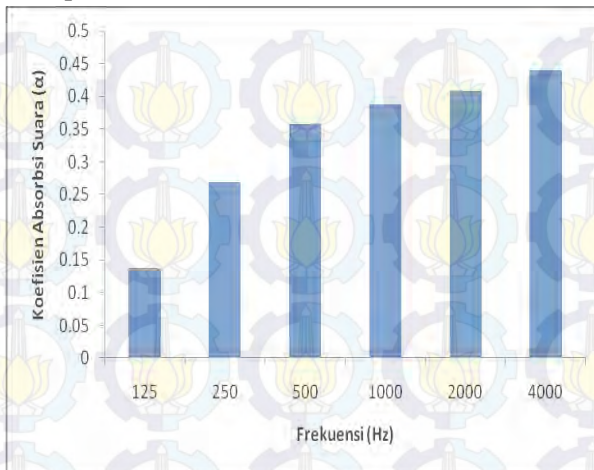
Komposit 20mmR/20mmB-G



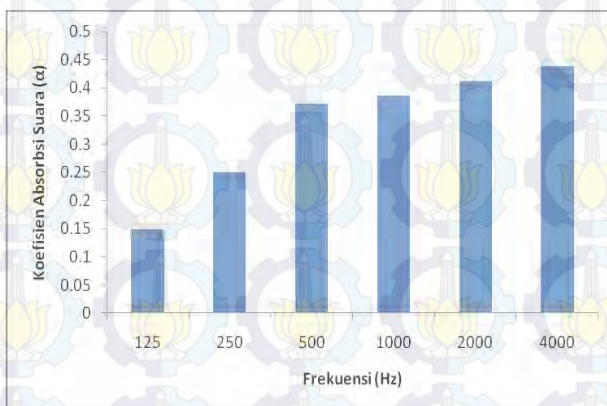
Komposit 20mmR/60mmB-G



Komposit 60mmR/20mmB-G

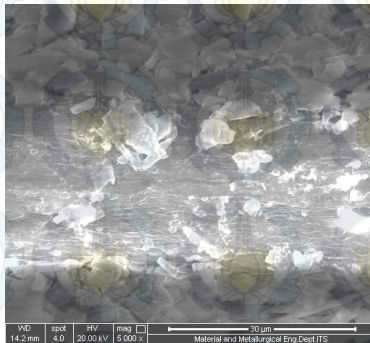
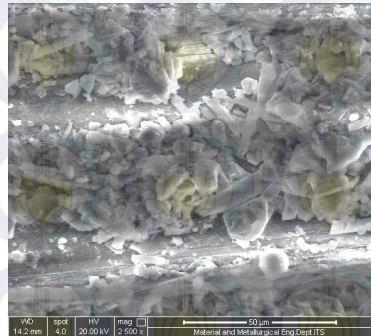
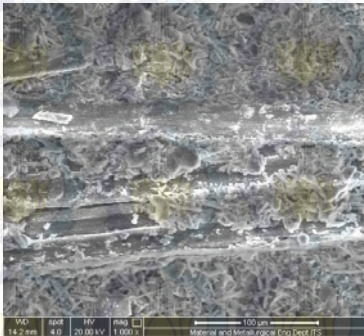


Komposit 60mmR/60mmB-G

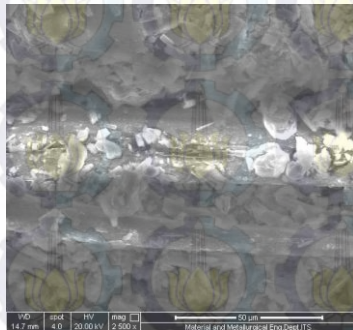
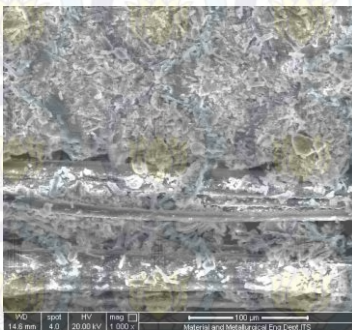


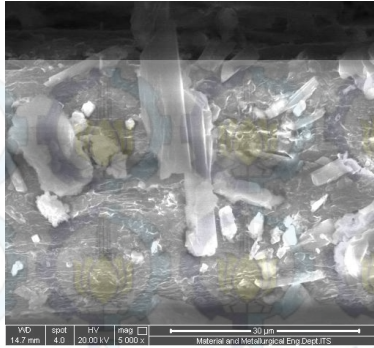
Hasil Pengamatan Scanning Electron Microscope

Komposit 20mmR/20mmB-G

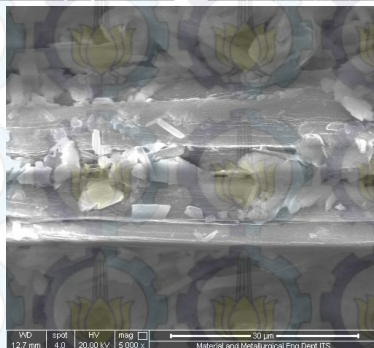
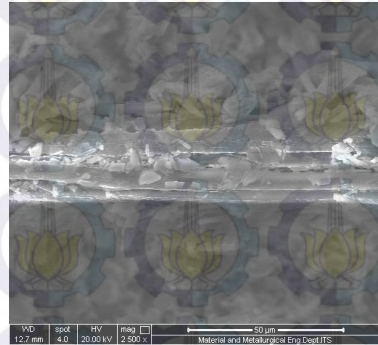
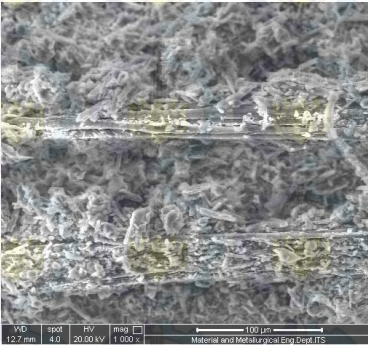


Komposit 20mmR/60mmB-G

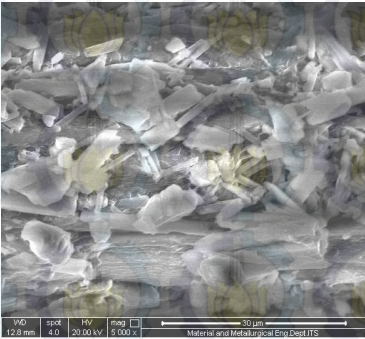
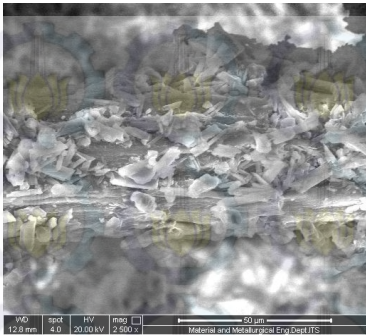
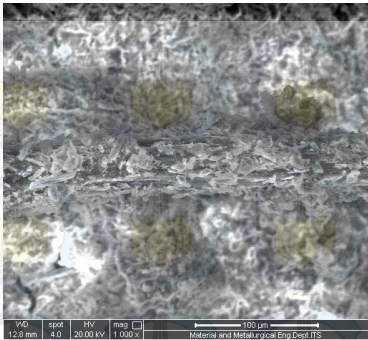




Komposit 60mmR/20mmB-G

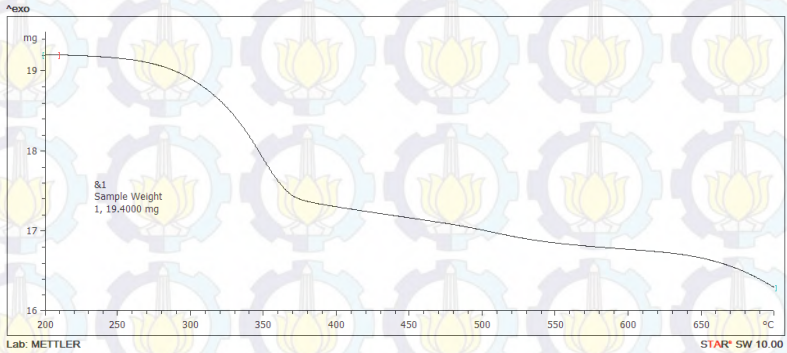


Komposit 60mmR/60mmB-G

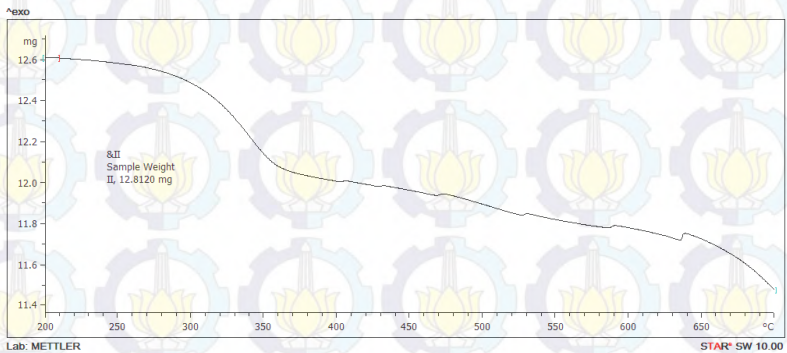


Hasil Pengujian Thermogravimetric Analysis

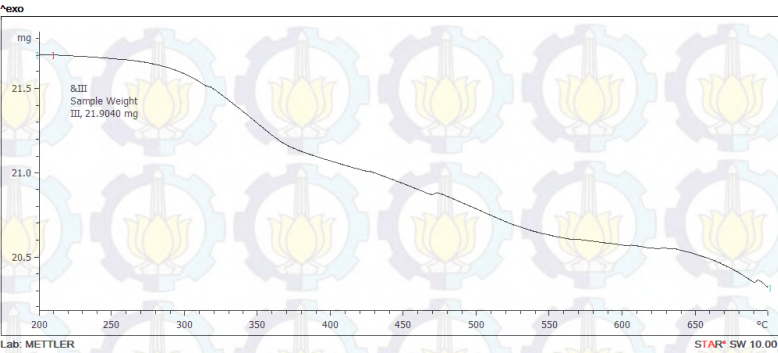
Komposit 20mmR/20mmB-G



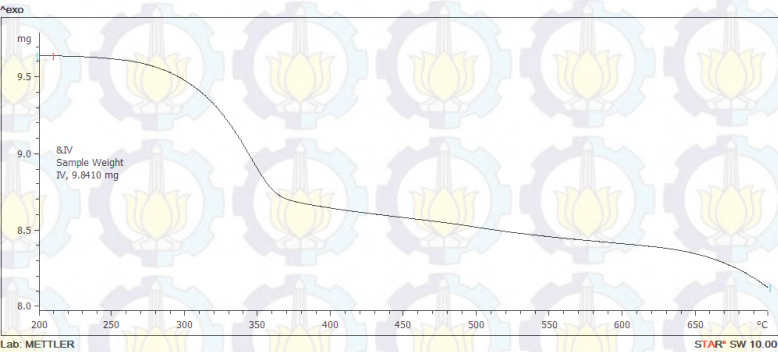
Komposit 20mmR/60mmB-G



Komposit 60mmR/20mmB-G



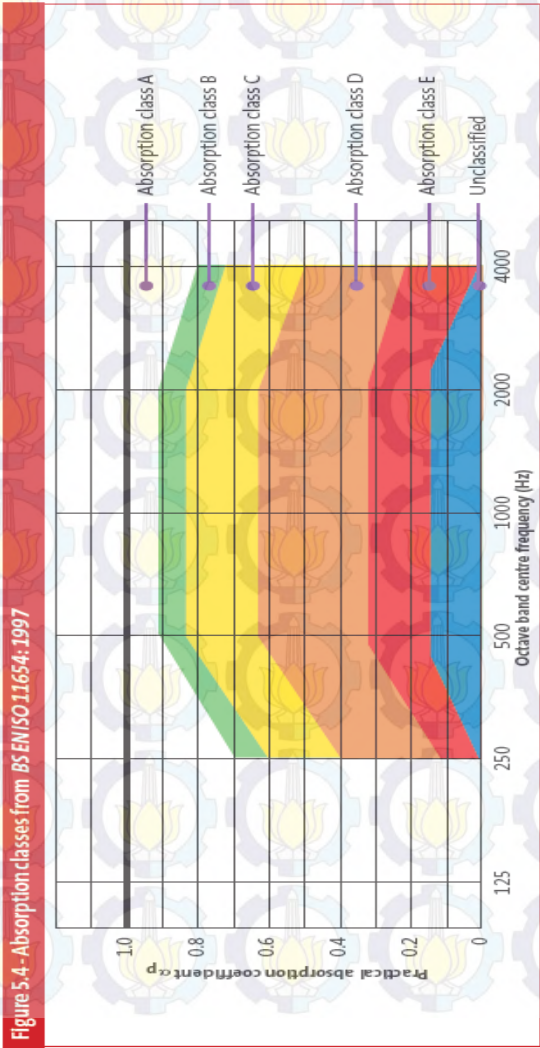
Komposit 60mmR/60mmB-G



LAMPIRAN B

STANDARISASI

ISO 11654



Klasifikasi building material berdasar kemampuan serap suara pada gipsum

Type	Product name	U		E	D										C				B
		0.10	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85			
Tiles	Gyprex SATIN GRAB	*	*																
	Gyprex BIO	*	*																
	Casoprano BIANCA	*	*																
	Casoprano FORTE	*	*																
	Casoprano VOICE									87									
	Casoprano NOVA									87	87	87							
	Casoprano ALTO	*	*																
	Casoprano CLAU								87	87	87								
	Casoprano KOC	*	*																
	Casoprano STAR	*	*																
	Gyptone BASE 21	*	*																
	Gyptone SKTD											88		88		88	88		
	Gyptone LINE 4												88	88					
	Gyptone POINT 11											88	88						
Planks	Gyptone POINT 12						88												
	Gyptone QUATTRO 20									88			88						
	Gyptone QUATTRO 22							88											
	Gyptone BASE 23	*	*																
	Gyptone LINE 6												88						
	Gyptone POINT 15												88						
	Gyptone QUATTRO 35												88		88				
	Gyptone QUATTRO 41												88		88				
	Gyptone QUATTRO 43											88	88		88				
	Gyptone QUATTRO 46							88	88										
	Gyptone QUATTRO 47					88	88												
	Gyptone LINE 8							88	88	88									
	Gyptone BASE Curve	*	*																
	Gyptone LINE r Curve							88		88									
Boards	Rigitone 8/18									90	90	90		90					
	Rigitone 10/23									90	90		90						
	Rigitone 15/30									90	90		90		90				
	Rigitone 12-20/66									90	90		90		90				
	Rigitone 8-15-20			90	90	90													
	Rigitone 8-15-20 SUPER									90	90								

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Nabilla Shabrina, lahir di Kendal pada tahun 1993. Penulis merupakan anak ketujuh dari pasangan Achmad Fuad dan Dewi Sekar. Pendidikan yang penulis tempuh bermula dari TK Tunas Mekar 07 (1997-1999), SD Pekauman Kendal (1999-2005), SMP 2 Kemdal (2005-2008), SMA 1 Kendal (2008-2011), dan dari 2011 sampai sekarang di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya masuk melalui jalur SNMPTN UNDANGAN. Penulis aktif dalam berorganisasi, pada tahun kedua dikampus, penulis diamanahi sebagai staff Departemen Keprofesian dan Kesejahteraan Mahasiswa (PROKESMA) Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT). Pada tahun 2013, penulis terpilih menjadi Putri Pariwisata Indonesia 2013. Penulis melakukan kerja praktek di PT. Bakrie Pipe Industries, Bekasi, Jawa Barat. Penulis mengambil studi pada bidang material polimer dan komposit untuk tugas akhir di jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis memiliki email dan nomor handphone yang dapat dihubungi yaitu [nabillashabrina070993@gmail.com/](mailto:nabillashabrina070993@gmail.com) 085740251767.